

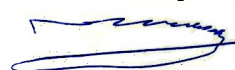
**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ**  
**"КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ**  
**імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО"**

Факультет електроніки  
(повна назва інституту/факультету)

Кафедра акустичних та мультимедійних електронних систем  
(повна назва кафедри)

"До захисту допущено"

Завідувач кафедри

 С.А. Найда  
(ініціали, прізвище)

“ 01 ” червня 2020 р.

**Дипломна робота**

на здобуття ступеня бакалавра

зі спеціальності (спеціалізації) 171 Електроніка (Електронні та  
інформаційні системи і технології телебачення, кінематографії та звукотехніки)  
(код і назва)

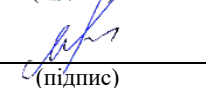
на тему: "Використання технології NB-IoT для побудови сенсорних мереж"

Виконав: студент IV курсу, групи ДВ-61  
(шифр групи)

Сеник Анатолій Олександрович  
(прізвище, ім'я, по батькові)

  
(підпис)

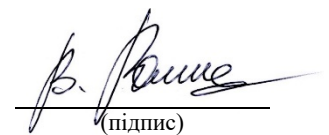
Керівник доцент, к.т.н., с.н.с. Макаренко В. В.  
(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)

  
(підпис)

Консультант \_\_\_\_\_  
(назва розділу) (посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище, ініціали)

\_\_\_\_\_  
(підпис)

Рецензент зав. відділом і-ту Кібернетики НАН України,  
професор, д.т.н., Романов В.О.  
(посада, науковий ступінь, вчене звання, науковий ступінь, прізвище, ініціали)

  
(підпис)

Засвідчую, що у цьому дипломному  
проекті немає запозичень з праць інших  
авторів без відповідних посилань.

Студент   
(підпис)

Київ – 2020 року

**Національний технічний університет України  
"Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського"**

Факультет Електроніки

Кафедра акустичних та мультимедійних електронних систем

Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський)

Спеціальність (спеціалізація) 171 Електроніка (Електронні та інформаційні системи і технології телебачення, кінематографії та звукотехніки)

(код і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ  
Завідувач кафедри



С.А. Найда  
(ініціали, прізвище)

" 01 " червня 2020 р.

**ЗАВДАННЯ**

**на дипломну роботу студенту**

Сенику Анатолію Олександровичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: "Використання технології NB-IoT для побудови сенсорних мереж"

керівник роботи доцент, к.т.н., с.н.с. Макаренко В. В.  
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом по університету від "25" травня 2020 р. №1196-с

2. Термін подання студентом роботи 01 червня 2020 р.

3. Вихідні дані до роботи: Дослідження технології безпроводових сенсорних мереж NB-IoT і їх використання для контролю та автоматизації процесів у промисловості

4. Зміст роботи: Аналіз систем та компонентів технології NB-IoT, огляд прикладів роботи та застосування у реальних умовах та наведення стандартів






5. Перелік ілюстративного матеріалу: комплект презентації з матеріалами проведеного дослідження та застосування технології NB-IoT.

## 6. Консультанти розділів роботи

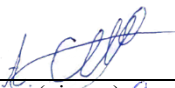
Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

7. Дата видачі завдання 13 квітня 2020 р.

## Календарний план


№ з/п	Назва етапів виконання дипломної роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Написання першого розділу	15.05.2020	Виконано 
2	Написання другого розділу	22.05.2020	Виконано 
3	Написання третього розділу	29.05.2020	Виконано 
4	Підготовка матеріалів до друку та оформлення пояснювальної записки	1.06.2020	Виконано 
5	Підготовка та оформлення презентації для доповіді	5.06.2020	Виконано 

Студент

  
(підпис)

А.О. Сенік  
(ініціали, прізвище)

Керівник роботи

  
(підпис)

В.В. Макаренко  
(ініціали, прізвище)

\_\_\_\_\_

\*консультантом не може бути зазначено керівника дипломної роботи

## РЕФЕРАТ

Дипломна робота: 59 с., 3 табл., 24 рис, 30 джерел.

БЕЗПРОВОДОВА МЕРЕЖА, ПРОМИСЛОВІСТЬ, МОДУЛЬ, СЕНСОРНА МЕРЕЖА, МОДЕМ, СИСТЕМА, WI-FI, АНТЕНА.

Об'єктом дослідження є технологія передавання даних NB-IoT.

Метою роботи є аналіз компонентів, стандартів систем безпроводової технології для побудови сенсорних мереж та застосування їх в різних напрямках діяльності.

Методом дослідження є теоретичне вивчення особливостей NB-IoT системи та можливостей практичного застосування цієї технології у різних галузях.

У результаті виконання дипломної роботи були проаналізовані стандарти безпроводових систем зв'язку, модулі та технології використання безпроводових мереж.

Галузь застосування: телекомунікаційні системи та пристрої передавання даних.

## **ABSTRACT**

The object of research is NB-IoT data transmission technology.

The purpose of the work is to analyze the components, standards of wireless technology systems for the construction of sensor networks and their application in different areas of activity.

The research method is a theoretical study of the features of the NB-IoT system and the possibilities of practical application of this technology in various fields.

As a result of the thesis, the standards of wireless communication systems, modules and technologies for the use of wireless networks were analyzed.

Field of application: telecommunication systems and data transmission devices.

## ЗМІСТ

Перелік умовних позначень та скорочень .....	7
Вступ.....	9
1 Аналітичний огляд .....	10
1.1 Основні вимоги до безпроводових систем зв'язку IoT.....	10
1.2 Технології зв'язку для безпроводових сенсорних мереж.....	11
1.3 Безпроводові мережі з низьким енергоспоживанням .....	7
1.3.1 Технологія LORA.....	9
1.3.2 Технологія SIGFOX .....	11
1.3.3 Технологія NB-IoT .....	12
1.3.4 Технологія Weightless P.....	14
1.3.5 Технологія Bluetooth LE.....	7
1.4 Забезпечення енергоживлення пристроїв NB-IoT .....	8
Висновки до розділу .....	9
2 Технологія NB-IoT .....	10
2.1 Основні характеристики технології NB-IoT .....	10
2.2 Загальна характеристика та практичні аспекти використання NB-IoT модулів компанії Mobicom .....	15
2.3 Специфікації стільникового зв'язку 3GPP для IoT .....	7
Висновки до розділу .....	12
3 Приклади використання технології NB-IoT .....	14
3.1 Система контролю безпеки будинків та підприємств.....	14
3.2 Розумна IoT- автосигналізація “Автотрекінг” .....	17
Висновки до розділу .....	20
Висновки .....	21
Перелік джерел посилання .....	23
Додаток А. Summary .....	26

## ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ ТА СКОРОЧЕНЬ

AS	– Application Server (сервер додатків);
BS	– Base Station (базова станція);
BTS	– Base Transceiver Station (базова приймальна станція);
GSM	– Global System for Mobile Communications (глобальна система мобільного зв'язу);
GTP	– GPRS Tunnelling Protocol (протокол тунелювання);
IoT	– Internet of Things (Інтернет речей);
IP	– Internet Protocol (Інтернет протокол);
LTE	– Long-Term Evolution (“довготерміновий розвиток” мобільного протоколу даних);
M2M	– Machine-to-Machine (міжмашинний зв'язок);
MIoT	– Mobile Internet of Things (мобільні Інтернет речей);
NB-IoT	– Narrowband IoT (стандарт з низькими обсягами обміну даними);
PDN	– Packet Data Network (мережа з передаванням даних за допомогою пакетів);
PSM	– Power Save Mode (режим економії енергії);
PET	– Polyethylene Terephthalate (термопласт);
PCB	– Printed Circuit Board (друкована плата);
RO	– Read Only (тільки для читання);
R/W	– Read/Write (багаторазовий запис і зчитування інформації);
SDK	– Software Development Kit (набір із засобів розробки, утиліт і документації);
SQL	– Structured Query Language (мова структурованих запитів);
SDN	– Software-Defined Networking (програмно-конфігурована мережа)
SGW	– Serving Gateway (обслуговування шлюзу);
TCP	– Transmission Control Protocol (протокол управління передачею);
UDP	– User Datagram Protocol (протокол датаграм користувача);
UL	– Uplink (висхідна лінія).

- UHF – Ultra High Frequency (надвисокочастотний);
- Wi-Fi – Wireless Fidelity (бездротове відтворення);
- WMS – Warehouse Management System (Система управління складом);
- WORM – Write Once Read More(однин запис і багаторазове зчитування інформації);
- XML – Extensible Markup Language (Розширювана мова розмітки).



## ВСТУП

Безпроводові сенсорні мережі – це один з найперспективніших напрямків в розвитку телекомунікаційних систем сучасності. Вони застосовуються майже у всіх галузях людської життєдіяльності. Безпроводові сенсорні мережі відіграють важливу роль в розвитку телекомунікацій, автоматики, робототехніки, в тому числі при проектуванні квартирних приміщень, будівель, трубопроводів, розумному сільському господарстві та інше.

Актуальність розробки технології полягає в широкому спектрі її застосування: моніторингу автотрафіку, стану екології, прогнозування погоди та інше. З часом технологія буде модернізуватися та вдосконалюватися бо потреба в безпроводових сенсорних мережах буде тільки зростати.

Метою роботи є аналіз компонентів та стандартів систем безпроводового зв'язку для побудови сенсорних мереж та застосування їх в різних напрямках діяльності.

Методом дослідження є теоретичний аналіз особливостей NB-IoT системи та можливостей практичного застосування цієї технології у майбутньому.

Об'єктом дослідження є безпроводові сенсорні мережі NB-IoT і приклади їх застосування в промисловості та інших галузях.

Новизною роботи є систематизація інформації про системи безпроводового зв'язку з низьким енергоспоживанням, існуючих на сьогоднішній день.

## 1 АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД

### 1.1 Основні вимоги до безпроводових систем зв'язку IoT

В сучасному світі інформаційні технології застосовуються у всіх сферах діяльності людини: економічній, політичній, соціальній, військовій, тощо. Між користувачами постійно відбувається обмін даними із застосуванням безпроводових мереж зв'язку.

В даному випадку ми розглядаємо безпроводову систему зв'язку NB-IoT та основні вимоги для її стабільної роботи:

- велика площа покриття для мереж 2g/3g/4g;
- удосконалена система захисту безпроводової інфраструктури;
- висока швидкість передачі даних;
- енергоефективність;
- можливість використання наявного обладнання базових станцій LTE;
- сумісність з частотними діапазонами мереж LTE.

На якість передавання даних в безпроводових мережах впливають: різноманітність рельєфу, забудова, енергопостачання, – тому ці фактори потрібно враховувати при побудові мереж.

Для прикладу, візьмемо технологію LORA. Вона є однією з ряду ефективних технологій, що забезпечує надійний двосторонній зв'язок на великій відстані.

Основні переваги, що має дана технологія – це стійкість до каналних шумів і перешкод, низькі вимоги до компонентів кінцевого пристрою, наднизьке енергоспоживання.

Безпроводові системи зв'язку IoT надали більше можливостей для під'єднання приладів до мережі, обміну даними і надсилання інформації про поточний стан пристроїв. Для управління цією системою були розроблені спеціальні інтерфейси.

Розробка NB-IoT в пріоритеті поміж інших технологій.

## 1.2 Технології зв'язку для безпроводових сенсорних мереж

На даний час існує велика кількість технологій зв'язку для безпроводових сенсорних мереж, такі як LORA, SIGFOX, NB-IoT, Bluetooth LE, Wi-Fi, Weightless P та інші.

Безпроводові технології – це технології зв'язку, які забезпечують передачу даних, використовуючи радіохвилі, інфрачервоне, лазерне або оптичне випромінювання. Основними їх особливостями є адаптивність до змін в умовах експлуатації – мінімальні витрати при розгортанні мережі на об'єкті і в подальшому її супроводі в процесі експлуатації.

Безпроводові технології в залежності від їх призначення, швидкості передачі даних та дальності дії (рис. 1.1) поділяються на:

- безпроводові персональні мережі WPAN (Wireless Personal Area Networks);
- безпроводові локальні мережі WLAN (Wireless Local Area Networks);
- безпроводові мережі масштабу міста WMAN (Wireless Metropolitan Area Networks);
- безпроводова глобальна мережа WWAN (Wireless Wide Area Network).

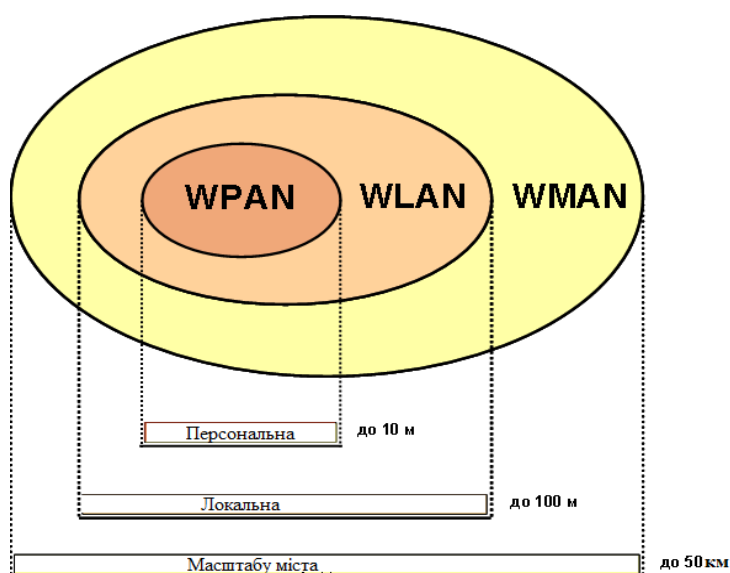


Рисунок 1.1 – Класифікація безпроводових мереж

Персональна мережа – це яка використовується для передачі даних між пристроями на невелику відстань (телефони, комп'ютери, планшети).

Локальна мережа – це мережа, що має відносно невелику зону покриття (інститут, офіс, фірма).

Мережа масштабу міста – мережа, яка забезпечує покриття території всього міста.

Глобальна мережа – мережа, що охоплює великі території і включає в себе велику кількість вузлів.

Безпроводові технології мають більше переваг для передавання даних в порівнянні з проводовими системами:

- відсутність необхідності прокладання кабелів для енергоживлення та передачі даних;
- мінімальні обмеження, щодо розміщення безпроводових пристроїв;
- низька вартість монтажу, налагодження і технічного обслуговування;
- можливість впровадження і модифікації мережі на об'єкті, який експлуатується без втручання в його функціонування;
- здатність вузлів, в разі необхідності, ретранслювати повідомлення інших вузлів, забезпечує значну площу покриття системи при малій потужності передавачів і стійкість до відмови окремих вузлів з різних причин.

Це дозволяє експлуатувати мережу в будівлях і на промислових об'єктах, де є складні умови поширення радіохвиль. При цьому вузли самостійно визначають оптимальні маршрути доставляння даних і корегують їх при зміні мережі.

Кожен вузол сенсорної мережі зазвичай містить порти вводу/виводу даних, мікроконтролер, радіомодуль, а також автономне джерело живлення. Це дозволяє пристрою отримувати результати вимірювань і проводити початкову обробку даних, підтримуючи зв'язок з зовнішньою інформаційною системою.

### 1.3 Безпроводові мережі з низьким енергоспоживанням

На даний час більшість ринків безпроводового зв'язку надають перевагу передачі невеликої кількості інформації між датчиком і пристроєм.

Серед прикладів (рис. 1.2), в яких застосовується спосіб реалізації безпроводового зв'язку, можна відзначити: побутові прилади, пристрої автоматики, дистанційне керування, платіжні системи та багато інших.

Всі ці пристрої повинні відповідати наступним вимогам: низьке енергоспоживання, мала вартість і компактні розміри. Це пояснюється тим, що системи повинні працювати тривалий час від батареї.

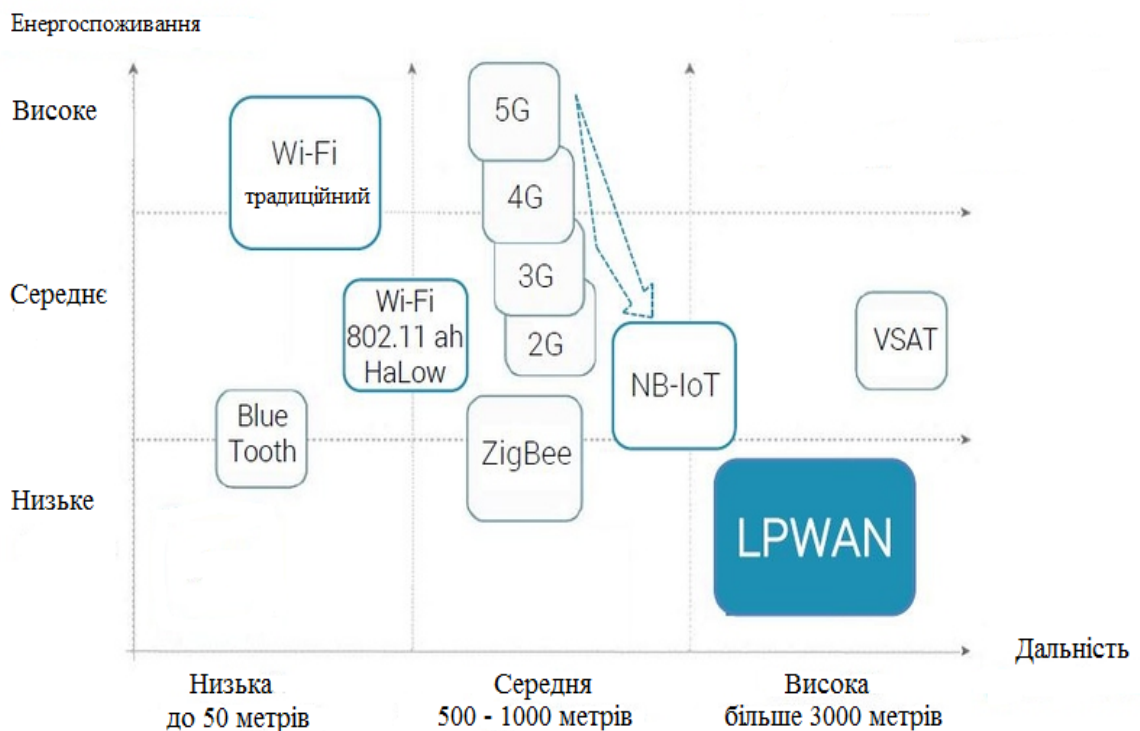


Рисунок 1.2 – Енергоспоживання і дальність передачі в безпроводових мережах

Більшість сьогоденішніх систем з високим споживанням енергії ґрунтується на базі центрального процесора. У таких системах управління передачу даних виконує додатковий мікроконтролер, який знаходиться завжди в робочому стані, тому це не дуже енергоефективно.

Розглянемо особливості безпроводових технологій з низьким споживанням, які найкраще підходять для розробки різних пристроїв.

Для зниження споживання енергії система BLE забезпечена функцією "режим сну". Іноді трапляється деяка подія, як пробуджує цю систему і передає коротке попередження на шлюз, ПК або смартфон.

Пікове використання сили струму становить не більше 15 мА, а середнє – близько 1мкА. Порівняно з класичним Bluetooth, функціональна споживана потужність знижена в десять разів. У додатках з низькою періодичністю підключення одна дискова мікробатарейка гарантує службу в 5-10 років.

Для найбільшої енергоефективності пристрою потрібно враховувати наступні фактори:

1. Не допускати повної розрядки пристрою, для збереження функціональних здібностей, які можуть виконуватись не вірно, із-за нестачі енергії. У схемі обов'язково має бути датчик сповіщення про зниження заряду батареї, щоб до повного вимкнення пристрою розіслати сигнали на інші пристрої, і без втрат завершити всі поточні операції.

2. При довготривалому невикористанні пристроїв, потрібно щоб були гарантії, що під час повернення їх в функціональний стан вони будуть працювати ідеально. При увімкненні мережевого модулю спочатку розпочинає свою роботу регулятор напруги, також приєднуються тактові генератори і цифрові схеми. Це є одним із важливих факторів, щоб при повторному вмиканні пристрою використовувалось якнайменше енергії та часу.

3. Більшість виробників використовують пристрої які споживають мінімальний струм під час обміну даних. В режимі сну струм використовується в десятки разів менше, що є енергоефективним.

4. Гранична величина струму. Це важливий параметр, який потрібно обов'язково брати до уваги при проектуванні мережевих модулів. Тому, що при одночасному використанні декількох роздільних блоків збільшується споживання потужності, що призводить до збільшення використання енергії. Для рішення даного питання потрібно не вмикати велику кількість блоків одночасно.

Більш надійний та енергоефективний метод базується на використанні мікроконтролера, який дозволяє реалізовувати передачу даних незалежно від центрального процесора. Тому під час з'єднання з центральним процесором передача відбувається тільки тоді, коли він має завдання на обробку даних.

Оптимізація виконується завдяки схемам синхронізації всередині чіпу.

Тому передавач/приймач переходить в активний режим, лише тоді, коли потрібно отримати чи надіслати інформацію. Якщо ж існують матеріали для передавання даних, то надсилається команда для увімкнення мікроконтролера. При відсутності завдань він повертається в режим сну.

Поетапне ввімкнення і вимкнення пристроїв допомагає зменшити споживання енергії в мережах, коли поміж вузлами є декілька шляхів поширення інформації.

За допомогою мережевих датчиків повідомлення можуть транслюватись на інші пристрої, які були надіслані від інших вузлів мережі. Шлях передачі блоку сигналів та інформації називається маршрутизацією або ретрансляцією.

Отже енергоефективні пристрої пропонують новий рівень експлуатації.

Наприклад, якщо в кожному торговому центрі встановити радіомаяк, батарею якого потрібно досить часто міняти, то вартість технічного обслуговування цієї системи може звести до нуля переваги використання безпроводової технології.

### **1.3.1 Технологія LORA**

Розробка технології LoRa являє собою тип модуляції, яка гарантує більшу дальність зв'язку (зону покриття), ніж інші конкуруючі з нею технології.

LoRa використовує принцип модуляції з розширеним діапазоном і варіацією прямолінійної частотної модуляції з інтегрованою корекцією похибок.

Розробка LoRa (рис. 1.3) на порядок збільшує чутливість приймача і, подібно іншим технологіям модуляції з розширенням спектру, використовує всю ширину смуги пропускання каналу для передавання сигналу.

Робить його стійким до канального шуму і нечутливим до зсувів, викликаних похибками в налаштуванні частот близьких до частот, використаних кварцових резонаторів.

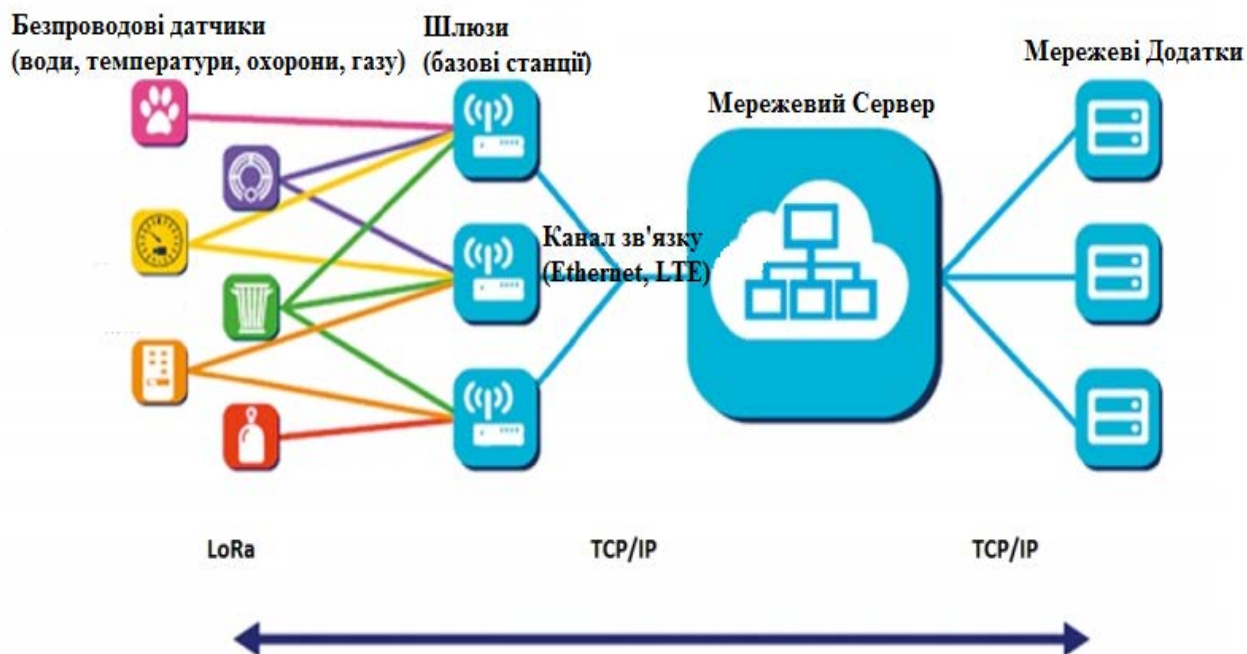


Рисунок 1.1 – Структура системи зв'язку за технологією LoRa

Модуляція LoRa представляється рівнем LoRaWAN для мереж з великим радіусом дії і низькими потребами потужності. Організація технології LoRa стандартизувалась заради маломобільних радіальних мереж.

LoRa має великий радіус дії, вона може сприймати інформацію від пристроїв в підвалі будинку та навіть в кілометрах від базової станції. Можливості отримання інформації від датчика досягає понад 5 кілометрів при сприятливих умовах.

При зміні якості сигналу стабільність порушується та відбувається втрата пакетів.

Існує два фактори які впливають на якість передавання сигналу:

1. Щільність забудови. Сюди зараховується велика кількість будинків на шляху сигналу, їх поверхня і матеріал, з якого вони побудовані. Наприклад, будинок з моноліту більше задає перешкод, ніж панельний.



2. Рельєф місцевості. Важливу роль відіграє площа поверхні, де є заглиблення і підвищення. При перевірці було помічено, що зона покриття збільшувалась на пониженій місцевості, і зменшувалась на підвищеній.

Протокол LoRaWAN оптимізований для низькобюджетних детекторів, гарантуючи компроміс поміж швидкістю доставки інформації і часу служби пристрою при довгостроковому використанні від акумуляторів.

Протокол передачі даних гарантує здійснення двостороннього зв'язку та безпеку всієї системи.

Передавання даних протоколу LoRaWAN в системі LoRa розташоване в діапазоні від 0,3 кбіт/с до 11 кбіт/с.

Щоб досягти постановленого максимуму і, відповідно, великої площі покриття, протокол LoRaWAN дозволяє визначити різні значення потужності для різноманітних систем використання.

Загалом, LoRaWAN дозволяє будувати глобальні безпроводові мережі з великим числом кінцевих вузлів. За заявами Semtech, один LoRa-шлюз допускає обслуговування до п'яти тисяч кінцевих пристроїв.

Протокол LoRaWAN розроблений як стандарт мережевої інфраструктури заради інтеграції пристроїв LoRa для системи IoT.

Ймовірні використання схеми LoRa – аграрне господарство, електроніка, збір даних і управління.

### **1.3.2 Технологія SIGFOX**

Розробка SigFox придумана і запатентована в 2009 році.

Перша лінія SigFox була відкрита в Франції 2012 року, а в 2014 році була представлена як загальнонаціональне покриття країни.

Для передавання даних SigFox використовує ультравузьку смугу частот та фазову модуляцію (BPSK). Це надає можливість скорегувати рівень шуму для виготовлення більш дешевих пристроїв.

Технічні характеристики технології SigFox:

- радіус дії: 30-50 км (3-10 км в зашумлених і важкодоступних районах);
- тривалість роботи без зміни батареї: 5 років від 2-х АА;
- частота: 868 МГц (Європа) та 902 МГц (США);
- топологія мережі зірка.

Наприклад, технологія SigFox (рис. 1.4) надсилає велику кількість повідомлень через базові станції до пристрою, при цьому будь-яке повідомлення займає не менш 12 байт.

Sigfox, як і LoRa, створили систему мережевих і телекомунікаційних партнерів заради надання IoT-сервісів і будівництва особистих колективних LPWA-мереж.

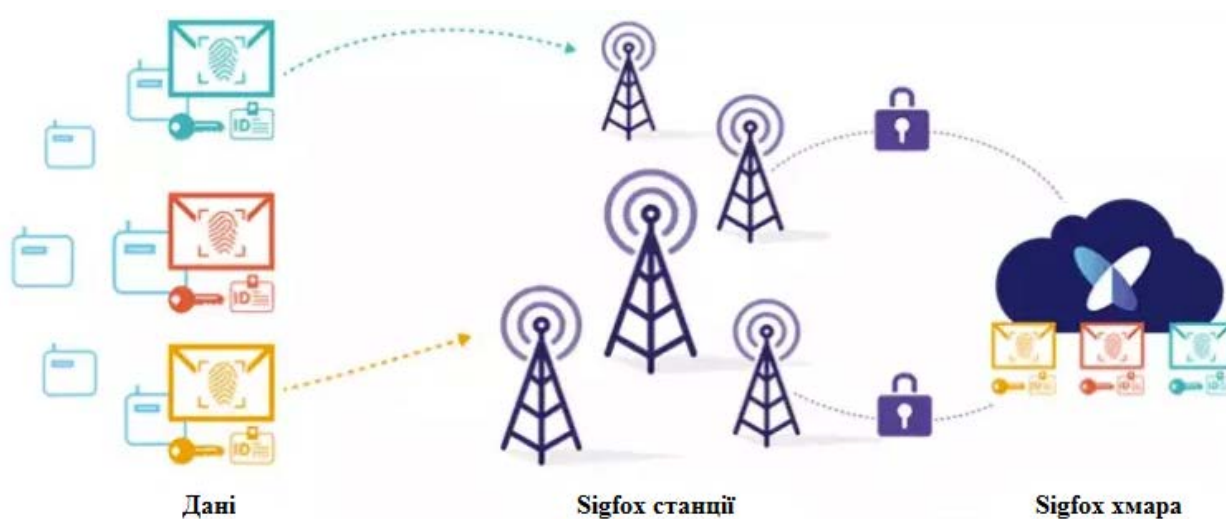


Рисунок 1.4 – Структура системи зв'язку за технологією Sigfox

### 1.3.3 Технологія NB-IoT

В 2016 році було представлено першу специфікацію типу стільникового зв'язку для пристроїв з невеликими обсягами даних. Технологія була названа NB-IoT (Narrow Band Internet of Things). Мережа може співпрацювати з обладнанням LTE і через наявні мережі зв'язку.

NB-IoT призначена для інтернету речей, тому передбачає своєрідні потреби, в тому числі до модуляції сигналу заради включення сотень тисяч пристроїв. Так, для використання NB-IoT не потрібна SIM-карта і досить малопотужний приймач, іншими словами пристрої IoT можуть діяти тривалий час від одного заряду батареї.

Стандарт NB-IoT може розгортатися в трьох варіантах:

- автономний (standalone);
- на захисній смужі частот (guard-band);
- в діапазоні (in-band).

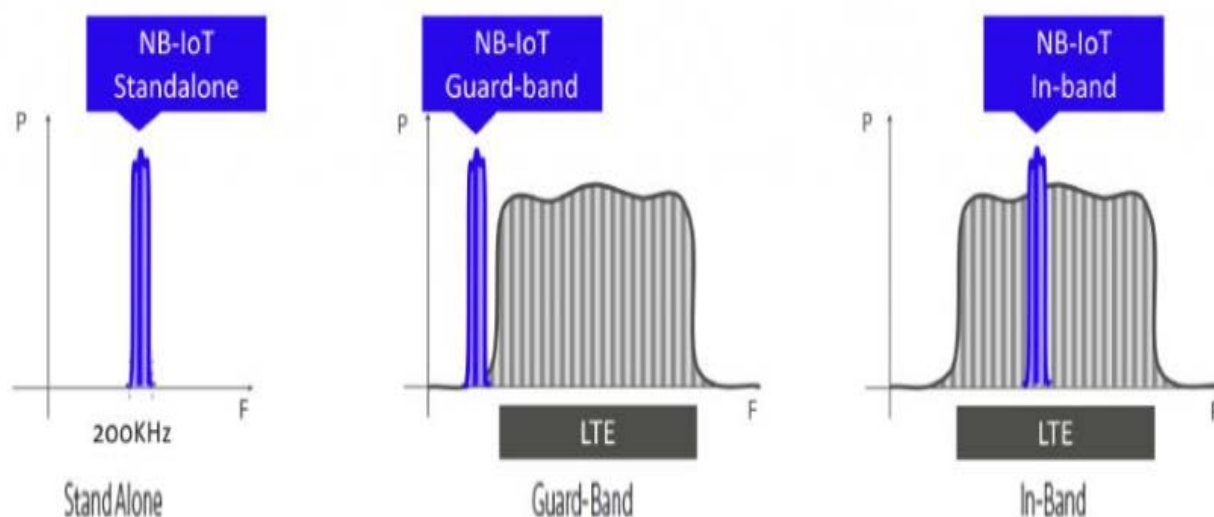


Рисунок 1.5 – Різні типи розгортання NB-IoT

Поширеною версією є тип In-Band (рис. 1.5). Широко застосовується в Європі, де мережі з NB-IoT in-band розкручені телекомунікаційними компаніями Vodafone, Telecom Italia Mobile і іншими.

Технологія NB-IoT забезпечує швидку передачу даних та збільшення підключених пристроїв до мережі LTE для забезпечення потреби споживачів.

Це оптимальний варіант для підключення системи IoT, що дозволяє операторам зв'язку без істотних змін апаратних засобів перейти на новий стандарт. Отже in-band NB-IoT дозволяє задовольнятися повсякденними питаннями для підключення нових пристроїв.

Вузькосмуговий NB-IoT на частоті 1,8 МГц надає можливість в мережах LTE організовувати схеми підключення фізичних агрегатів. В такому плані NB-IoT використовує багатофункціональні можливості стільникових мереж.

### **1.3.4 Технологія Weightless P**

Швидкому розвитку мереж LPWAN сприяє технологія Weightless P створена для роботи в усіх частотних діапазонах ISM: 163, 433, 470, 780, 915 і 923 МГц. Розробка належить до розряду UNB з шириною каналу 12,5 кГц. Ця технологія має можливість транслювати в кілька разів більше даних, чим SigFox.

Мережа Weightless-P складається з остаточних пристроїв і базової станції, яка регулює мережу і встановлює зв'язок для користувача в реальному часі.

В залежності від трансмітера швидкість передавання даних розташовується в діапазоні 0,625-100 кбіт/с.

Радіус дії серед міської забудови складає близько 2 км, а на відкритій місцевості сягає 5-10 км. Допустима потужність передавання базової станції 27 дБм.

На відміну від несинхронізованих мереж SIGFOX, синхронізована мережа Weightless-P дозволяє посилати пакети даних з першої спроби.

Розмір стандартного пакета передачі даних Weightless-P складає 200 байт.

Зазвичай значення такого розміру даних досить для більшості смарт-сенсорів. Якщо прийняти, що буде транслюватись по 200 байт будь-які 15 хв, отримаємо швидкість 1,78 біта/с.

Лінія базової станції Weightless-P може використовувати 2769 абонентів.

Для порівняння варто нагадати, що технологія з розширеним діапазоном може підтримувати 52, а технологія з надвузькою смугою 789 абонентів.

### 1.3.5 Технологія Bluetooth LE

Технологія Bluetooth LE (Low Energy) – ще один приклад індивідуальної безпроводової мережі. У порівнянні з класичним Bluetooth, Bluetooth Low Energy спеціалізується на зменшенні використання енергії. Операційні системи які використовують Bluetooth LE: IOS, Android, MacOS, Linux і Windows 10.

Мережа Bluetooth LE функціонує в діапазоні 2,4 ГГц, але використовує інший набір каналів ніж класична версія Bluetooth. Bluetooth LE має в своєму розпорядженні 40 каналів шириною 2 МГц.

Bluetooth 4.0 (рис. 1.6) використовується з ціллю скорочення енергоспоживання, що є основною умовою для пристроїв, які використовуються в діапазоні застосування. У цій версії передбачена швидкість передачі даних 1 Мбіт/с при використанні потужності від 0,01 до 0,5 Вт.

У версії Bluetooth 5 була збільшена галузь застосування для Інтернету речей, швидкість передачі даних досягає 2,5 Мбіт/с. Додані такі можливості, як підвищення дальності зв'язку і додаткові функції сповіщень. Збільшилась кількість пристроїв в динамічній мережі. Спільно з великими компаніями, ця технологія відкриває нові можливості та здатність для автоматизації будинків і застосування в промисловості.



Рисунок 1.6 – Структура Bluetooth 4.0

Технологія розроблена і продається компанією Bluetooth Special Interest Group. Дана технологія використовується в галузі охорони здоров'я, фізичної підготовки, безпеки, і індустрії розваг.

#### **1.4 Забезпечення енергоживлення пристроїв NB-IoT**

У залежності від завдань зі збору даних, програмні завдання можуть бути збудовані на рівні додатків. Транспортний рівень допомагає утримувати потік даних, якщо таке необхідно. Мережевий рівень гарантує автоматичну маршрутизацію даних.

Протоколи даних допомагають вузлам виконувати завдання для економії електроенергії. Команда управління постачанням визначає, як вузол живлення змушений економити енергію. Наприклад, ділянку можливо вимкнути через радіоприймач чи повідомлення.

Крім того, коли пристрій має невисокий заряд батареї, він передає своїм сусідам інформацію про те, що не може брати участь в маршрутизації повідомлень. Залишок енергії буде використовуватись лише для збору даних.

Команда управління мобільністю (MAC) описує переміщення вузлів, тому завжди є шлях для передавання даних в першорядній ділянці і вузли можуть визначати своїх сусідів. А знаючи своїх сусідів, можливо врівноважити енергоспоживання. На вибірку ділянки в одному районі потрібне зондування в один і той самий час.

Як результат, деякі ділянки здійснюють більше завдань, ніж інші, це залежить від їх потужності. Це потрібно для того щоб ділянки функціонували спільно і прагнули до максимальної енергоефективності, оптимізації маршруту передавання даних в мережі.

З точки зору всієї сенсорної мережі ефективніше, якщо ділянки будуть працювати одним потоком, що сприяє продовженню часу існування самої мережі.

Сучасний режим низького енергоспоживання унікальний тим, що об'єднує всі ключові технології, потрібні для створення сервісів в області інтернету речей.

За допомогою мережі LTE категорій M1 і NB2 виконується робота додатків, геолокація, зв'язок з хмаровими сервісами. У режимі очікування споживання енергії модемом зменшилось на 70%, що критично важливо для пристроїв інтернету речей, які працюють від батареї до 10 років.

Новітня конструкція управління живленням використовується для збільшення часу роботи батареї, завдяки тому, що модем здатний підлаштовувати енергоспоживання під рівень заряду.

### **Висновки до розділу**

Безпроводова мережа – це тип комп'ютерної мережі, яка використовує безпроводове з'єднання для передачі даних й підключення до мережевих вузлів.

На основі аналізу інформації можна зробити наступні висновки:

- технологія NB-IoT надала більше можливостей для під'єднання приладів до мережі, обміну даними і надсилання інформації про поточний стан пристроїв;
- технологія NB-IoT надає можливість впровадження і модифікації мережі на об'єкті, який експлуатується без втручання в його функціонування;
- здатність вузлів безпроводових мереж ретранслювати повідомлення інших вузлів, забезпечує значну площу покриття системи при малій потужності передавачів і стійкість до відмови окремих вузлів з різних причин;
- використання безпроводових дозволяє мінімізувати витрати при розгортанні мережі на об'єктах та знизити вартість монтажних робіт при встановленні датчиків на об'єктах.

Перераховані достоїнства безпроводових сенсорних мереж дозволяє застосовувати їх для:

- контролю виробничих процесів у промисловості;
- моніторингу руху транспорту;
- прогнозування погоди;
- контролю та автоматизації процесів у будівлях;
- оптимізації управління роботою громадського транспорту.

## 2 ТЕХНОЛОГІЯ NV-ІОТ

## 2.1 Основні характеристики технології NB-IoT

З кожним роком кількість підключених абонентів до мереж мобільного зв'язку збільшується в рази, завдяки розвитку Інтернету речей (рис 2.1). Компанія Ericsson прогнозує до 2022 року кількість підключених інтернет пристроїв в світі складе 27 млрд.

З них 1,5 млрд складуть розумні автомобілі та електроніка які будуть зв'язані між собою за допомогою мобільної мережі.

Компанії Vodafone та Kyivstar завершили успішно тестування чергового етапу технології NB-IoT в Україні завдяки з підключенню мережі 4G, у липні 2018 року. Сама ж ця технологія стандартизована GSMA і запущена Vodafone Group в великих країнах.



Рисунок 2.1 – Користувачі технології NB-IoT

Основні характеристики, що були затверджені в грудні 2017 року Державною Комісією з радіочастот були задані смуги, для використання радіоелектронними засобами LTE та з модифікаціями в режимі NB-IoT.



Таблиця 2.1 Частоти NB-IoT в Україні

Частота, МГц	Група	Тип дуплексу	Рознос частот	Потужність передавача абонента, дБ	Потужність передавача базової станції, дБ
453-457 МГц 463-467 МГц	B31 U/D	FDD	300 кГц 200 кГц за погодженням	23	44
791-820 МГц 832-862 МГц	B5				>41
880-915 МГц 925-960 МГц	B8 D/U				43
1710-1800 МГц	B3U/D				43

Пристрої за технологією NB-IoT можуть під'єднуватись між собою на частоті 1800 МГц. Завдяки цьому вони мають можливість підключення до мережі навіть з поганим покриттям. Тому працювати з цією технологією можуть лише оператори мобільного зв'язку які придбали ліцензію в даних діапазонах.

Завдяки базі мереж LTE відбувається розгортання технології NB-IoT, що для абонентів та партнерів забезпечує надійний стандарт безпеки який включає в себе шифрування та аутентифікацію інформації на базі sim-карти.

Отже перевагами технології NB-IoT над іншими стандартами є:

1. Ємність мережі та великий радіус дії. Понад 50 тис. пристроїв обслуговує базова станція, а це 1,5 тис. пристроїв на 1.5тис км<sup>2</sup>.

2. Низьке енергоспоживання. Самі пристрої технології NB-IoT обмінюються малим обсягом даних. Для прикладу, лічильник за 1 рік, генерує і відправляє в задані інтервали часу лише 1 Мбіт даних.

3. Канал зв'язку у цьому стандарті займає смугу частот 200 кГц. Це означає, що мережа може бути використана як всередині основної смуги із вільними ресурсними блоками LTE та поза основною смугою є вибір між LTE або GSM.

4. Активний розвиток технології. Компанії мобільного зв'язку очікують оновлення 3GPP релізу NB-IoT в якому з'являться нові модулі, з новими специфікаціями.

Вартість модулів в NB-IoT поки досить висока за рахунок того, що дана розробка більш "молода". З часом різниця у вартості нівелюється, тому що її будуть використовувати все більше приладів. Поки ж значно легше відшукати прилад, що працює за технологією LoRa.

Асоціація 3GPP пропонує три варіанти розгортання NB-IoT мережі:

Перший – це NB-IoT Guard Band, де буде надано самостійний радіочастотний спектр.

Другий – це In Band. Розробка буде розташована в резервному частотному проміжку мереж LTE.

Третій – Stand Alone. Отже, лінію NB-IoT можливо розкрутити в частотних діапазонах, в яких в даний час діє GSM, через їх рефармінг в LTE, або в проміжках поміж мереж GSM і LTE. Швидкість передавання даних в мережах NB-IoT досягає 200 кбіт/с, що є необхідним для пристроїв погодинної передачі однотипних даних незначного обсягу.

Якщо в специфікаціях 3GPP Release 13 було визначено тільки один варіант NB-IoT - Category NB1, то в специфікаціях Release 14 з'явилося 2 варіанти: Category NB1 і NB2. Варіант Category NB2 є більш швидкісним. Для порівняння можливостей NB1 і NB2 наведені максимальні розміри транспортних блоків на прийом і передачу згідно специфікації 3GPP 36.306 Release 14.

Таблиця 2.2 – Розміри транспортних блоків.

Категорія обладнання	Максимальний розмір транспортного блоку на приймання, біт	Максимальний розмір транспортного блоку на передавання, біт
Category NB1	680	1000
Category NB2	2536	2536

Стандарт NB-IoT орієнтований швидше на стаціонарні пристрої, так як в цьому режимі не підтримується автоматичне перемикання між сотами. При переміщенні в іншу соту пристрою NB-IoT доведеться знову реєструватися в мережі.

Таким чином, NB-IoT призначається в першу чергу для таких додатків, як автоматичний збір показань із лічильників, датчиків, дистанційного керування вуличним освітленням і т.п.

На відміну від NB-IoT, інша "гілка" CIoT (LTE-M) – підтримує як перемикання між сотами, так і забезпечує в кілька разів більші швидкості прийому та передавання інформації.

На рис. 2.2 показана ілюстрація принципу дії сенсорного вузла безпроводової сенсорної мережі.

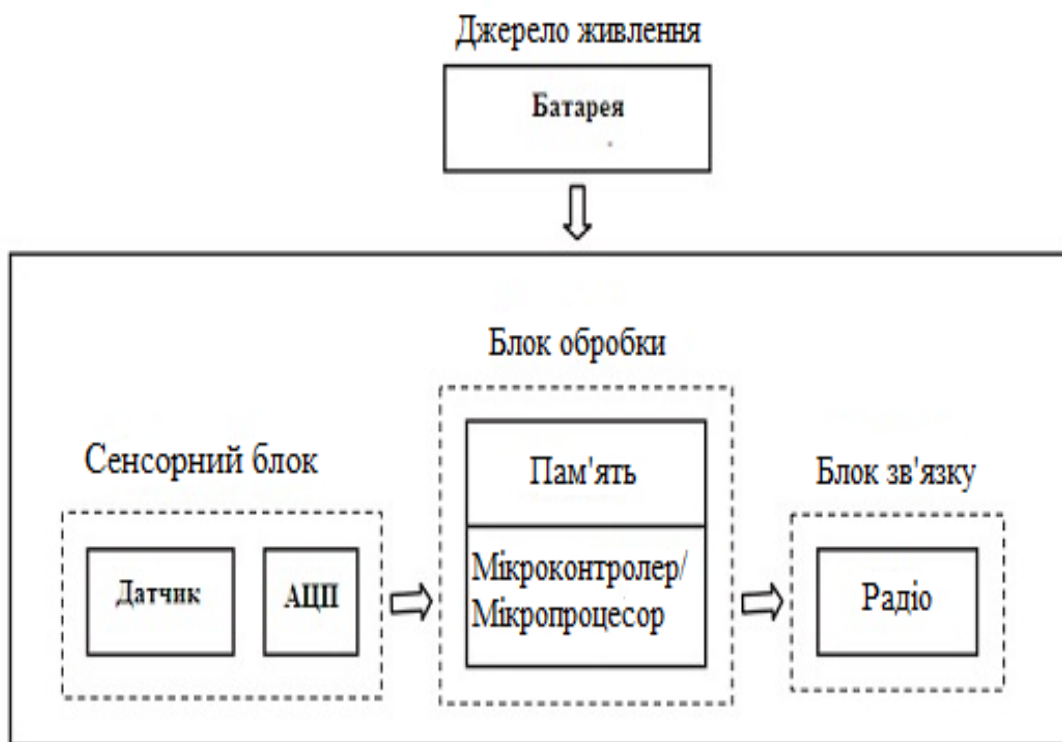


Рисунок 2.2 – Сенсорний вузол безпроводової сенсорної мережі

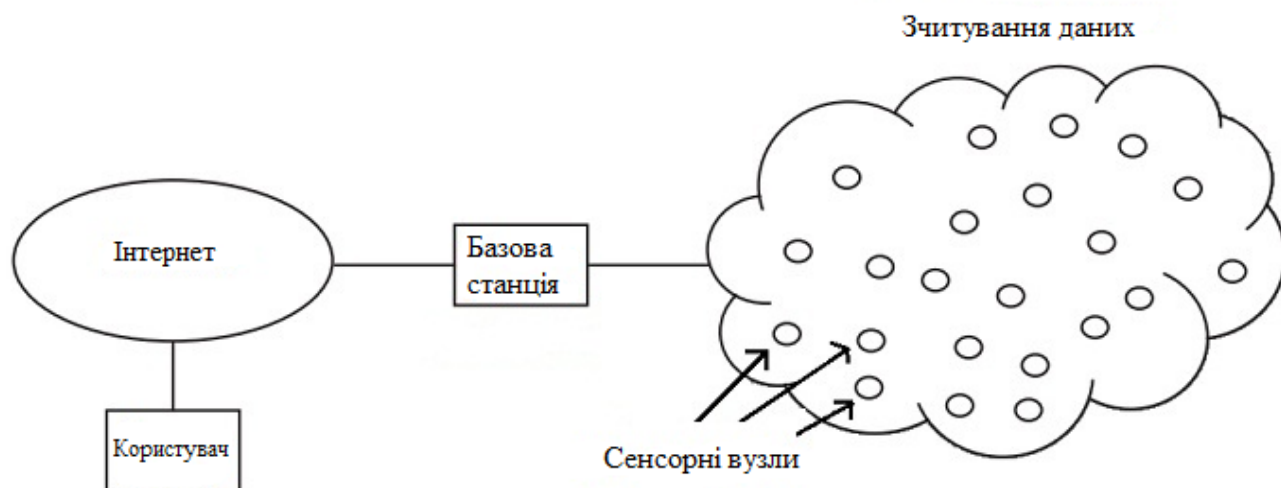


Рисунок 2.3 – Архітектура безпроводової сенсорної мережі

Датчик збирає дані про аналогові матеріали і АЦП перетворює дані аналогових датчиків в цифровий код. Процесор (мікропроцесор або мікроконтролер) здійснює обробку наданих даних.

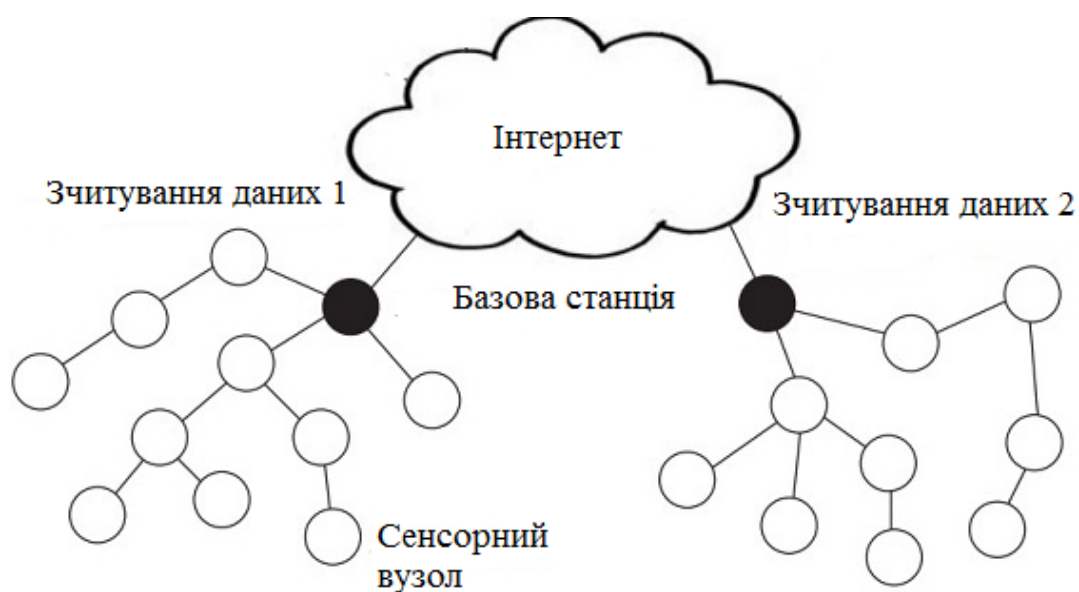


Рисунок 2.4 – Топологія безпроводової мережі

Базова станція (рис. 2.4) відправляє команди на сенсорні вузли, а сенсорні вузли виконують завдання, взаємодіючи один з одним.

Після збору необхідної інформації сенсорні вузли відправляють дані на базову станцію. Після прийому даних від датчиків вузла, базова станція виконує обробку даних і відправляє оновлену інформацію користувачеві через Інтернет.

Хоча передача на великі відстані можлива, споживання енергії для зв'язку буде значно вище, ніж для збору і обчислення даних.

## **2.2 Загальна характеристика та практичні аспекти використання NB-IoT модулів компанії Mobiletek**

Shanghai Mobiletek Communication Ltd. – це інноваційна фірма, колектив якої висококваліфікованих експертів, які зуміли в досить короткі терміни розробити функціонально досконалу лінійку якісних і високотехнологічних товарів для промисловості IoT і домогтися значних обсягів виробництва і впровадження.

Тисячі компаній, що використовують рішення від Mobiletek у власних розробках, кваліфікована технічна допомога, уніфіковані налагоджувальні способи для всієї лінійки, експертиза клієнтського дизайну, реєстрація і супровід планів.

Зараз Mobiletek пропонує безпроводові технології та модульні рішення, для стільникового зв'язку стандартів 2G, 3G і 4G в всіляких форм-факторах, навігаційні модулі GPS / GNSS, модулі NB-IoT і високопродуктивні розумові модулі, працюючи на основі ОС Android 5.1-6.0, підтримують LCD-графіку з високою роздільною здатністю і інтегрований функціонал Wi-Fi .

### **Модулі компанії Mobiletek**

Розробка спеціалізованих безпроводових модулів для мереж IoT – одне з переваги фірми Mobiletek. Перш за все, це 3 моделі модулів формату NB-IoT.

Для складних рішень існує мультiformатний IoT-модуль L700, побудований на платформі Qualcomm MDM9206, що забезпечує надійними обміну даними і підтримує формати LTECAT-M1 і CAT-NB1.

Ряд безпроводових NB-IoT-модулів від Mobiletek через послідовний інтерфейс за допомогою AT-команд, підтримують вищий рівень сумісності з програмним набором команд Hayes AT, ETSI GSM 07.07 і ETSI GSM 07.05,

підтримують вищий рівень сумісності з існуючими прошивками (SW) інших модулів виробника. Крім того, рід безпроводових модулів Mobiletek підтримує і особисті прикладні AT-команди для особливих цілей.

### Модуль L700E

Це комбomodуль, який відповідає сучасним запитам споживачів, а ще тенденціям мереж стільникового зв'язку в Європі.



Рисунок 2.5 – Зовнішній вигляд модуля L700E

Розміри модуля L700 (рис. 2.5) всього 30×30×2,6 мм, прилад виконано в LCC-87. Підібраний для його реалізації форм-фактор корельований з безліччю популярних модулів 3G і 4G.

При всій своїй універсальності L700 економний за вартістю, що містить вищий рівень інтеграції, що є максимально комфортним для розробки клієнтських додатків.

Додаткові "земляні" LGA-майданчика на корпусу модуля створені для надійності його паяного з'єднання з друкованої платою і розміреного розсіювання тепла функціонуючого модуля.

Високий ступінь кореляції модуля L700Ес з подібними пристроями на 3G- і 4G-модулях дозволяє в короткі терміни здійснити редизайн для випадків, де інформаційний обмін не потребує великих швидкостей і заміни пристрою більше доступним аналогом цілком раціональна.

Внаслідок своєї універсальності перехідні рішення досить готові з описаної проблемою, а високий ступінь дизайну модуля L700Ес подібними пристроями для з 3G- і 4G-модулях дозволяє в скорочені терміни здійснити редизайн частки, де інформаційний переклад не вимагає величезних затрат й заміна пристрою більш доступним аналогом досить раціональна.

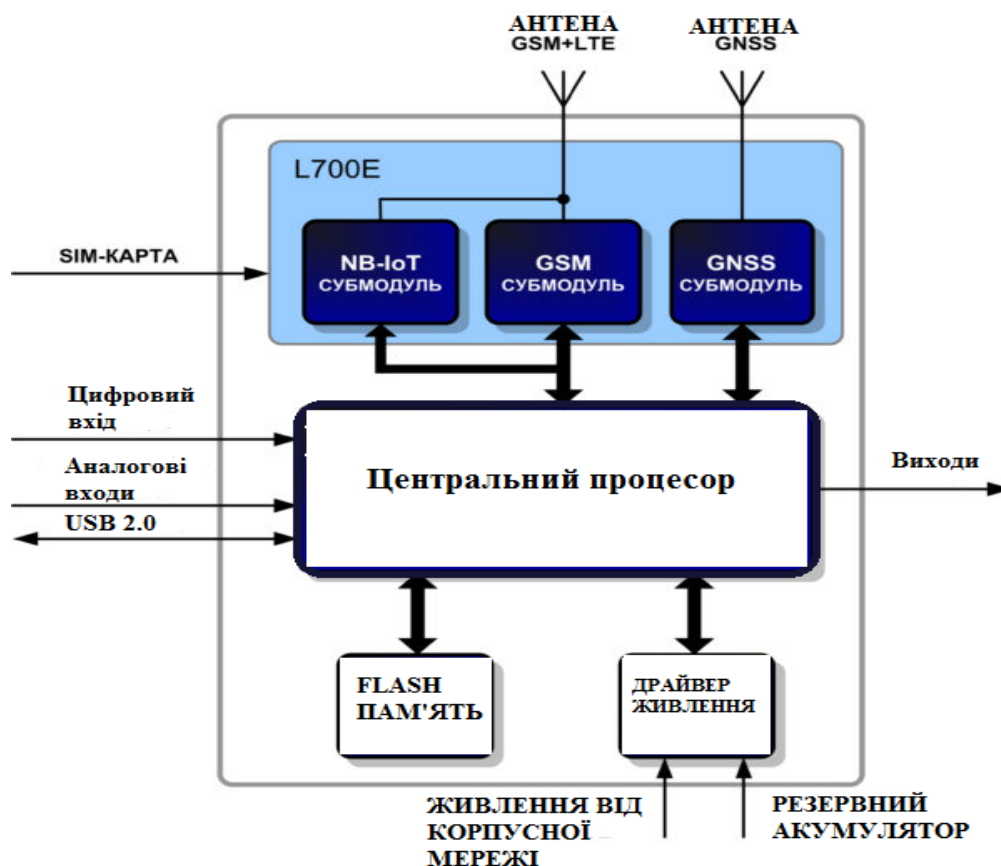


Рисунок 2.6 – Функціональна схема типового трекера

У нових розробках перехідного періоду вузол L700Е оптимальний для використання в трекерах (рис. 2.6).

Проте проблема телеметрії, вендинга, фіскальних пристроїв та інших сервісів, які мають інтегрований функціонал визначення місцезнаходження стає з кожним днем актуальнішим. В цьому випадку апаратне рішення модуля L700 є цілком комфортним для застосування.

Розглянемо будову стандартних трекерів. Більшість з них містить наступні вузли:

- центральний процесор;

- модуль FLASH-пам'яті;
- GSM-модуль;
- порт USB;
- антени GSM + LTE.

Очевидно, що модуль L700E дозволяє реалізувати структуру трекера потреби користувачів в необхідному функціоналі.

При цьому існування двох форматів безпроводової комунікації з деяким контролюючим центром не тільки вирішує проблеми зміни частот в момент їх перезакріплення за новітніми технологіями стільникового зв'язку, але також виразно збільшує її якість і надійність з рухомими об'єктами. Крім того, це рішення сильно відрізняється своєю вартістю і компактністю. Тому обирається варіант, при якому саме ці завдання вирішуються різноманітними модулями.

Граничний струм модуля L700E в режимі 2G при підключення GSM-передавача може досягати 1,8А. Таким чином включення передавача активізує падіння напруги живлення, для якого блок живлення мусить забезпечувати струм в навантаженні не менше 2А. При падінні напруги блока живлення модуля нижче 3.4 В його працездатність не гарантується.

На рис.2.7 показано як змінюється струм споживання модулем у часі.

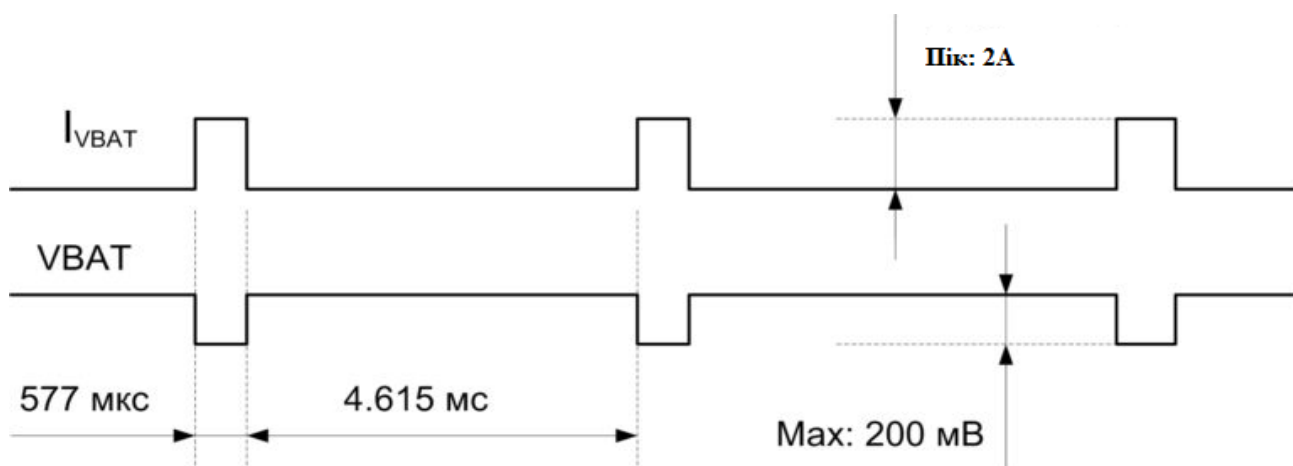


Рисунок 2.7 – Часові діаграми напруги та струму живлення GSM/GPRS модулю



Помітний вплив на стійкість працездатності NB-IoT-модулів надає виконання рекомендацій виробника по відношенню до реалізації обв'язки сигнальних ланцюгів. Насамперед, відносно схемних рішень ланцюгів живлення та дизайну друкованої плати.

Ємності C1, C2, C3, C4 в ланцюгах живлення модулів (рис. 2.8), призначенні для боротьби з внутрішньосистемними перешкодами, вони повинні встановлюватись в порядку зростання номіналу. Нехтування даними рекомендаціями може ґрунтовно позначитись на функціонуванні розроблювального пристрою.

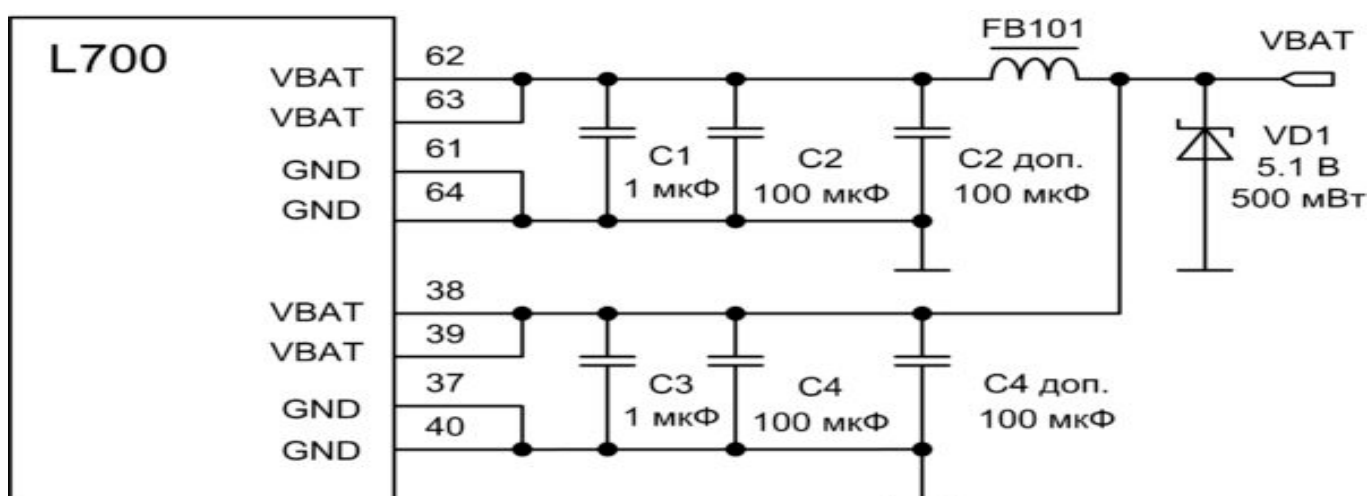


Рисунок 2.8 – Підключення живлення до модуля L700E

### Модуль L610E

Модуль L610E (рис. 2.9) – недорогий та компактний високоінтегрований модуль NB-IoT, який має відмінні показники надійності та побудований на платформі чіпа MDM9206 через Qualcomm.

У функціональному відношенні це урізаний варіант модуля L700E, який відповідає поточним запитам розробників при реалізації менш складних проектів.

Модуль підтримує протоколи TCP/HTTP/SMTP. Він виконаний в корпусі LCC-64 з розмірами 21,5×25×2,6 мм.

Потужність вбудованого передавача регулюється в діапазоні від -40...-23 дБм, чутливість приймача складає -102...-121 дБм в різних режимах роботи. Для

забезпечення стабільності модуля L610 потрібно використовувати стабілізоване джерело живлення зі струмом не менше 1 А.

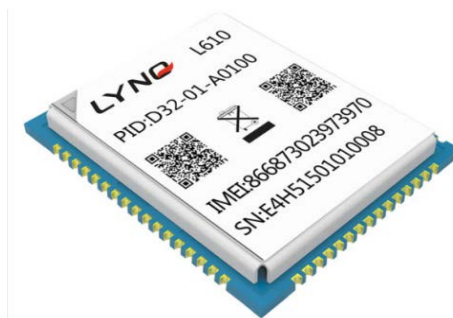


Рисунок 2.9 – NB-IoT модуль L610E

Споживання струму в режимі сну Power-Save Mode не більше 7 мкА. Допустимий інтервал напруги живлення модулів L700E і L610E 3,4...4,2 В, але виробник рекомендує використовувати значення 3,8 В як найбільш оптимальне.

При виході величини напруги живлення за вказані границі спрацьовує схема захисту яка автоматично вимикає модулі. Теж саме відбувається при перегріві та переохолодженні встановленого температурного діапазону.

### Модуль L620

L620 реалізований на чіпсеті MT2526 від компанії MediaTek. Насамперед L620 (рис. 2.10) самий бюджетний та компактний з NB-IoT – модулів. Він має набір можливостей які оптимально відповідають вирішенню відносно простих, але не менш важливих задач. Реалізована швидкість обміну даними 25/20 кбіт/с або 60 кбіт/с.



Рисунок 2.10 – NB-IoT модуль L620

Модуль виконаний в корпусі з LCC-45 і має габарити 15,8×17,6×2,3 мм. Напруга живлення L620 складає 3,3 В.

Для забезпечення стабільної роботи модуля L620 потрібне стабілізоване джерело живлення з максимальним струмом не менше 1 А. У режимі сну модуль споживає струм 3,5 мкА.

Конструкція модуля L620 є сумісною з найбільш масовим 2G модулем компанії MobeliTek – L206D (на платформі MT6261D).

Варто зауважити, що L206 – це уніфікована лінійка з шести 2G модулів. Відмінних програмно та апаратно та реалізованих на базі процесора ARM7EG-7 260 МГц. Модуль L620 підтримує протоколи UDP / HTTP / CoAP / TLS.

Потужність інтегрованого передавача автоматично регулюється в діапазоні -40...23 дБм, чутливість приймача складає -107...-139 дБм в різних режимах роботи. Оновлення прошивки модуля відбувається за допомогою інтерфейсу UART.

### **Нестандартне використання модулів NB-IoT**

За показниками швидкості модулі L700E і L610E можна порівняти сучасними 2G-модулями, але вони не мають на вбудованого аудіокодека, що не дивлячись на наявність PCM-інтерфейсу, значно звужує сферу їх практичного використання.

При цьому розв'язання питання з аудіоканалом може бути як простим – за допомогою стандартних кодеків різних виробників, так і достатньо складними – з віддаленим керуванням функціонування аудіоканалу, реалізованого в точці розміщення радіо модуля.

Лінійка модулів NB-IoT компанії Mobiletek забезпечує потреби ринку в безпроводовому сегменті рішень IoT. Вона надає розробникам широкий вибір не тільки в частині функціоналу, але також в відношенні мініатюризації клієнтських рішень.

## 2.3 Специфікації стільникового зв'язку 3GPP для IoT

В сучасному світі найбільш перспективним напрямом розвитку Інтернету речей є побудова комбінованих безпроводових мереж. Вони поєднують в собі глобальні, локальні та персональні мережі.

Для обслуговування численних пристроїв IoT зручно використовувати мережі 3G/4G. Прогнозується до 2024 року найбільше зростання пристроїв на базі мобільного зв'язку для Інтернету речей, у сферах побутового та медичного устаткування. У всьому світі вчені разом зі провідними виробниками проводиться велика кількість досліджень можливостей даної мережі. Усі мобільні пристрої які працюють в мережах 3G/4G підтримують широкий спектр різних сервісних функцій. Передача даних на великих швидкостях, потокове відео, голосовий зв'язок стали звичними і незамінними для сучасного користувача.

Роботи по створені єдиного стандарту для пристроїв IoT працюючих у стільникових мережах, були початі біля 12 років тому. Вперше в протоколах 3GPP Release 8 були започатковані основні параметри зв'язку між різними пристроями та механізмами. В цьому релізі описані технології LTE Cat.1, LTE-MTC. LP-WAN та GSM-MTC.

В останньому документі Rel. 13 були задані кінцеві стандарти технології IoT LPWA для діапазонів: EC-GSM-IoT, eMTC, NB-IoT.

### **Технологія NB-IoT (LTE Cat. NB1)**

Ця технологія базується на принципі вузькосмугового зв'язку, який використовується для передачі невеликих пакетів даних на малих швидкостях. Швидкість передачі в технології NB-IoT складає 70 кбіт/с (GMSK) і 240 кбіт/с (8PSK). Ширина смуги каналу зв'язку 180 кГц. Технологія NB-IoT розроблена для широкого кола пристроїв IoT, серед яких обладнання для додатків "розумного будинку", персональні медичні датчики, вуличне освітлення та інші подібні пристрої.

При першому підключенні пристрої NB-IoT можуть самостійно вибрати один із трьох можливих сценаріїв роботи, запропонованих їм однієї з базових станцій.

Одним з найбільш активних розробників проекту NB-IoT є шведська компанія Ericsson. Випробовування які були проведені Ericsson і Orange у Парижі показали можливість використання мереж LTE для розгортання на їх основі ефективної NB-IoT в діапазоні 900 МГц.

### **Модуль BC95**

У 2016 році китайська компанія Quectel Wireless Solutions представила світу модуль BC95, який відповідає умовам Rel.13. Модуль використовує смугу 200 кГц ліцензованого діапазону частот.

Перший варіант модуля BC95 NB-IoT Quectel (рис. 2.11) функціонує на частоті 900 МГц. Наступні модифікації підтримують частоти 1800, 800, 850, 700 МГц.

Характерні особливості модуля BC95:

- невисоке енергоспоживання;
- маленькі розміри;
- висока чутливість;
- низька швидкість передачі даних;
- послідовний інтерфейс;
- модернізовані протоколи Embedded Internet;
- апаратна сумісність з GSM/GPRS – модулем M95.

Невисока споживана потужність 15 мкВт може забезпечити роботу модуля від однієї батареї протягом десяти років. Простота протоколу взаємодії з базовою станцією дозволяє залучити десятки тисяч мобільних пристроїв з модулем BC95 в районі дії однієї БС. Мережа NB-IoT співпрацює з такими мобільними пристроями може бути розгорнута на базі діючих станцій стандарту 2G/3G.

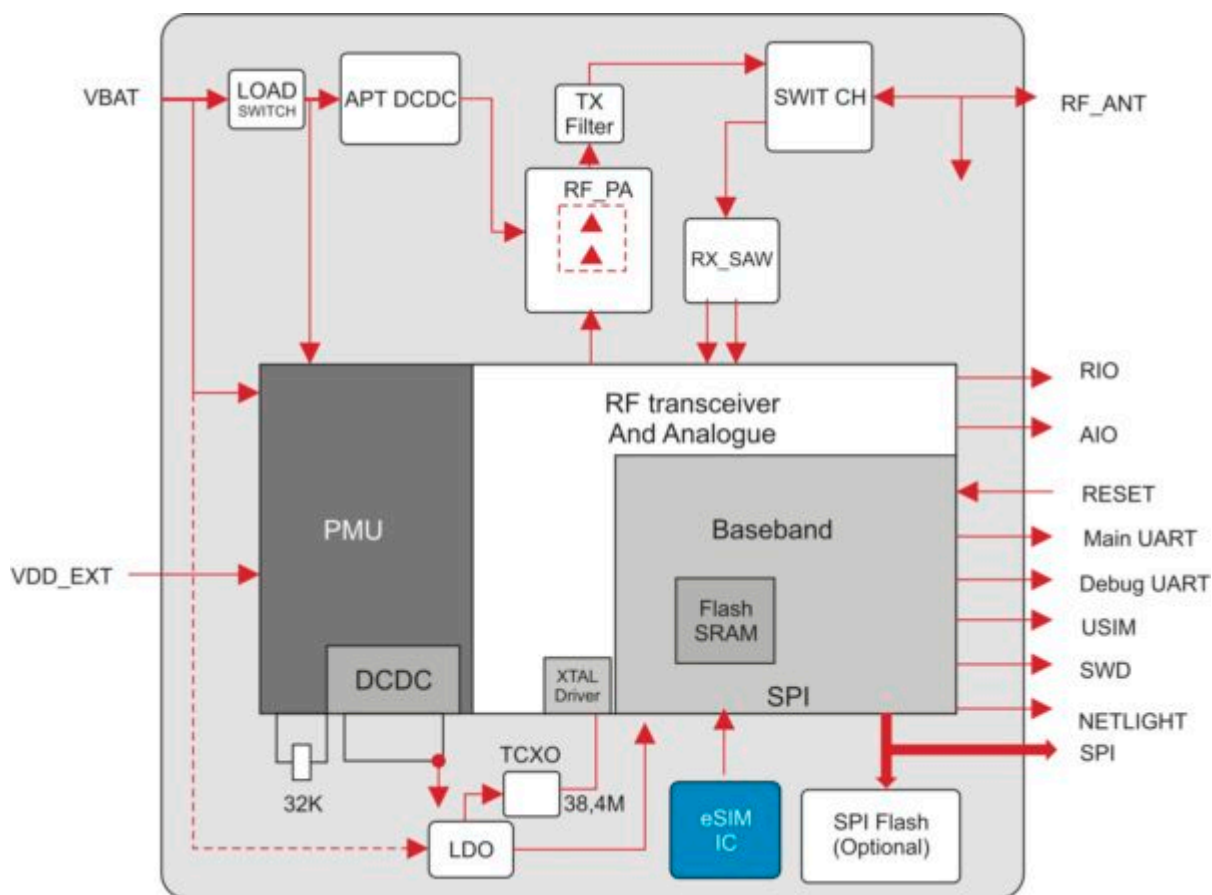


Рисунок 2.11 – Структурна схема модуля BC95 NB-IoT Quectel

Модуль BC95 спроектований на базі чіпу Boudica, розробленого 3GPP-based NB-IoT Chipset структурним підрозділом Huawei. Базовий чіп містить на одному кристалі рідочастотний трансивер, аналоговий блок обробки, модуль процесора, інтерфейс SPI і пам'ять FLASH.

Технічні характеристики модуля BC95 NB-IoT Quectel показані в таблиці 2.3. Цей модуль наділений покращеною чутливістю та не критичний до коливань напруги живлення в діапазоні 3,0...4,2 В. Це дозволяє використовувати модуль на протязі декількох років при постійному зниженні заряду батареї.

У модулі підтримується SAT, який відповідає стандарту GSM 11 та 14. Цей інтерфейс є додатком який дозволяє модулю обробляти прикладні програми записані на SIM-карту. Для зовнішнього перезапуску присутній спеціальний контакт. Зовнішня антена з'єднується через радіочастотний роз'єм.

Таблиця 2.3 – Технічні характеристики модуля BC95

Стандарт	Характеристики модуля BC95
Чутливість, дБм	-135
Енергоживлення, мкВт	15
Конструктив	LCC
Кількість виходів	94
Напруга живлення, В	3-4,2
Розміри, мм	19,9×23,6×2,2
Частота, МГц	900 МГц

Модуль BC95 виконаний в стандартному конструктиві LCC в корпусі, який дозволяє переходити від існуючих GSM/GPRS-модулів до мобільних пристроїв NB-IoT (рис. 2.12).

Слід звернути увагу на підтримку модулем BC95 роботи з eSIM (рис. 2.13). Термін Machine-to-Machine UICC (eSIM), відомий також, як M2M, визначає абонентський ідентифікатор для простих мобільних пристроїв, що працюють на невеликих швидкостях з малими обсягами даних.

Ці ідентифікатори мобільного пристрою встановлюються на підприємстві-виробнику без можливості вилучення і заміни.

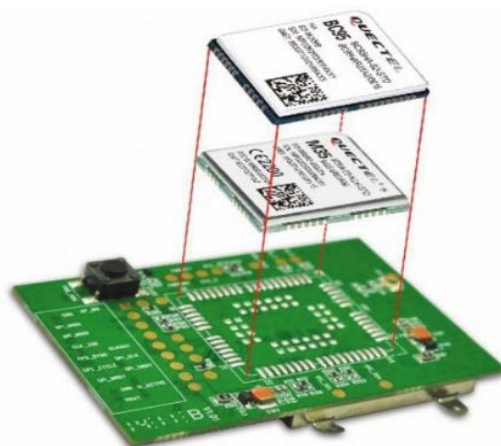


Рисунок 2.12 – Модуль BC95 сумісний з GSM/GPRS-модулями

Одна з основних функцій eSIM дозволяє реалізовувати віддалене конфігурування мережі Remote Provisioning function. На карті eSIM записані декілька профілів різних мереж.



Рисунок 2.13 – Модуль BC95 з eSIM

Мобільний пристрій можливо сконфігурувати віддалено для підключення до потрібної мережевої структури. При цьому інші профілі не використовуються. Перемикання поміж різними мережами виконується за допомогою зовнішнього керуючого модуля Subscription Manager.

У стандартних SIM-картах для ідентифікації абонента унікальний ідентифікаційний ключ ICCID. У картах eUICC використовується ключ eUICCID, який дозволяє обрати профіль мережі для даного мобільного пристрою.

У стандарті GSMA присутні два типи профілів. Один - Provisioning Profile - завантажується на підприємстві-виробнику і служить виключно заради завантаження параметрів використовуваних мереж. Інший - Operational Profile - дозволяє під'єднатися до певної мережі NB-IoT або інтернет-шлюзу.

Важливо нагадати, що протоколи, які відповідають за вибір маршруту, з'єднання і забезпечення цілісності даних, можуть бути реалізовані апаратно чи на програмному рівні.



Досить складний програмний метод створення протоколів потребує розвинутої операційної системи, що працює під управлінням центрального процесора також великих об'ємів пам'яті. Значно простіше і набагато економніше реалізувати частину інтернет-протоколів на апаратному рівні. Цей спосіб отримав назву Embedded Internet.

Для пристроїв NB-IoT не потрібна реалізація всієї теки протоколів TCP/IP, який забезпечує повну функціональність сучасних високошвидкісних мультимедійних додатків. Для цього в модулі BC95 використовується тека протоколів Embedded Internet, який дозволяє з мінімальними витратами гарантувати передачу невеликих інформативних пакетів за допомогою інтернет-шлюзів.

В прес-релізі Ericsson відзначається, що результати продемонстрованих тестових випробувань дозволили укласти довгострокові контракти між Ericsson і China Unicom.

На конгресі в Шанхаї було продемонстровано обладнання для автомобільних парковок, в якому використовується мобільні пристрої з підтримкою NB-IoT, розроблені на основі рішень Huawei.

Цей комплект обладнання містить в собі 300 інтелектуальних датчиків на базі NB-IoT, термінали, базову станцію та програмне забезпечення. Він дозволяє за допомогою мобільного телефону знайти вільне місце на стоянці, прокласти до нього маршрут та провести оплату.

Про спільну розробку архітектури IoT для китайського рішення мобільної сотової мережі IoT з використанням діапазонів 900 і 1800 МГц.

### **Висновки до розділу**

Згідно прогнозів до 2024 у світі буде використовуватись більше ніж 1 млрд. пристроїв LPWA. При цьому половина з них буде використовувати технологію NB-IoT. За останні роки значно збільшилась кількість абонентів мереж NB-IoT, а також кількість компаній які виробляють чіпи та модулі для цієї технології.

Серед останніх розробок чипів виділяється компанія Sequans Communications, яка анонсувала свій новий чіп LTE Cat NB1/NB2, який задовільняє вимоги 3GPP Release 13,14. Він отримав назву Monarch N, з дуже високою ступінню інтеграції, дозволяє організувати завершений модуль всього 10x10 мм.

В 2018 році компанія Riot Micro анонсувала свій перший чіп для NB-IoT – RM1000, який зі слів розробників, є найбільш енергоефективним на даний час.

Завдяки технології NB-IoT з'явилась можливість розгортати мережі інтернету речей на базі діючих мереж 2G/3G/4G та обслуговувати десятки тисяч мобільних пристроїв IoT в зоні покриття однієї базової станції без втрат для сучасних багатофункціональних гаджетів, смартфонів та планшетів. Мобільні пристрої регламентовані 3GPP Rel 13 та 14 вирізняється простотою, розширеним радіусом дії та вкрай низьким енергоспоживанням.

## **3 ПРИКЛАДИ ВИКОРИСТАННЯ ТЕХНОЛОГІЇ NB-IOT**

### **3.1 Система контролю безпеки будинків та підприємств**

Оператор мобільного зв'язку "Київстар" провів перші тести мережі NB-IoT, спеціально розробленої для "розумних" пристроїв. У грудні 2018 року і на початок 2019 року якість роботи мережі "інтернету речей" було перевірено в спеціальній лабораторії Київстар на пристроях обліку, після чого розпочалось його впровадження на пристроях клієнтів.

Нагадаємо, що до основних переваг мережі NB-IoT відноситься високий рівень захисту даних; можливість передачі даних на високій швидкості; мобільність пристроїв та їх роботу на протязі довготривалого часу без підключення до енергомереж.

На думку представників Київстар, послуги мережі NB-IoT можуть зацікавити не тільки комунальні та промислові підприємства, а й інші компанії, які працюють в транспортній, сільськогосподарській, логістичній галузі. Також мережі можливо використовувати при створенні продуктів та сервісів для розумних пристроїв.

Компанія "Охоронний Холдинг" презентувала нове IoT-рішення SafeHome (рис. 3.1), завдяки якому абоненти доступних операторів можуть спостерігати за своїми квартирами та будинками зі смартфонів.

У коробковому рішення покупцям надається таке наповнення:

- охоронне обладнання;
- елементи та ПЗ для монтажу і підключення;
- мобільні додатки для керування і контролю приміщень.

За клієнтами закріплюються власні менеджери. У вартість входить ціна обладнання та стовідсотковий набір послуг охоронної компанії – від супроводу клієнта, до виїзду за викликом.



Рисунок 3.1 – Склад системи SafeHome

У охоронну систему (рис. 3.2) встановлюється SIM-карта. Налаштування та контроль сигналізацією здійснюється дистанційно, як зі смартфонів так із кнопкових телефонів.

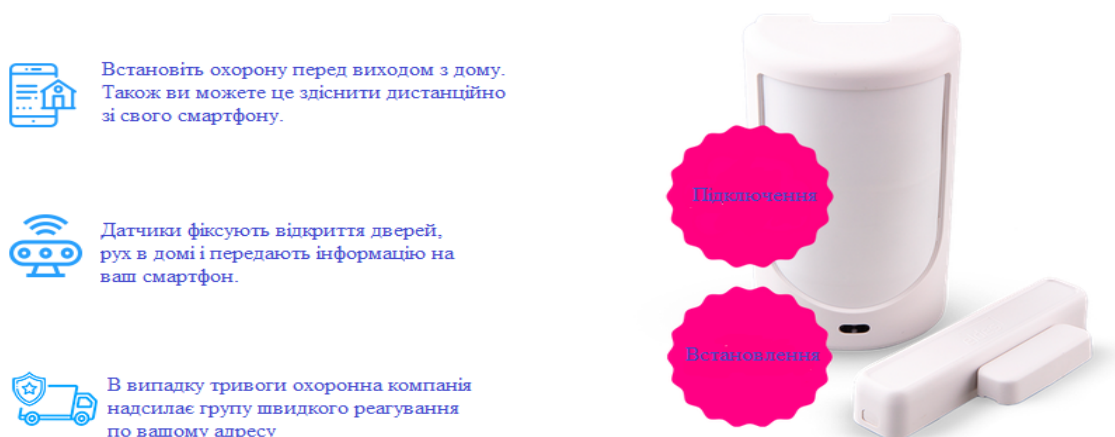


Рисунок 3.2 – Основні особливості системи захисту

Користувачі кнопових мобільних телефонів можуть активізувати або вимкнути пристрій, зателефонувавши на нього. Якщо сигналізація спрацює, клієнт отримає повідомлення і йому надійде телефонний дзвінок.

За допомогою смартфона можливо уточнювати статус захисту будинку в реальному часі та керувати "розумним" обладнанням.

Сигналізація має рівень захисту Grade2. Якщо пропадає зв'язок з обладнанням, власнику житла і охоронній фірмі надсилається повідомлення тривоги. Охоронна компанія негайно відправляє тривожну групу на місце події.



Рисунок 3.3 – Безпроводовий датчик контролю присутності

На рисунку 3.3 зображено безпроводовий датчик контролю відкриття дверей і вікон. Він має інтегрований детектор ударів і вібрацій, можливість зовнішніх датчиків, 2 інтегрованих детектора порушення цілісності.

SafeHome Hub (рис 3.4) є єдиним продуктом, що поєднує в собі висококласну безпроводову охоронну GSM-систему, інфрачервоний (ІЧ) датчик з захистом від домашніх тварин, засвічення і електромагнітних завад. Ретельно продуманий функціонал гарантує легкість вживання і гідний рівень оборони об'єктів.



Рисунок 3.4 – SafeHome HUB

### 3.2 Розумна IoT- автосигналізація “Автотрекінг”

Компанія "Київстар" презентувала свій проект "Автотрекінг", який дозволяє ревізувати положення і місцезнаходження машини за допомогою двох датчиків та додатку на смартфоні.

Для роботи даного IoT-сервісу необхідно підключити пристрій “Автоінформер” до електромережі автомобіля, сховати GPS-трекер "Автомаяк" (не потребує підключення до живлення) та встановити на смартфон безкоштовний додаток. При цьому перший пристрій контролює стан авто в реальному часі, а GPS-трекер надсилає інформацію власнику декілька разів на добу.

"Автоінформер" повідомляє водія про включення запалювання, ударі автомобіля, початку руху, відсутність сигналу. "Автомаяк" в залежності від інтенсивності використання, функціонує самостійно до 4 років, він не сканується внаслідок служби в строю "пінгу". У режимі "Тривога" вмикається пришвидшений геотрекінг автомобіля, який працює з періодичністю 5 разів на годину, а в режимі "Переслідування" повідомлення з інформацією про місцезнаходження автомобіля надаються в режимі близькому до реального часу.

Пристрій підключається до діагностичного штепселя OBD-2 та негайно готовий до роботи. Те, що "Автоінформер" підключений до діагностичного роз'єму, ніяк не впливає на бортову лінію автомобіля. Деякі автомобілі можуть "визначити" приєднання стороннього пристрою по зростанню енергоспоживання, це нормально.

Після підключення додатку "Автоінформер" (рис. 3.5) ініціює трансляцію з сервером та отримує установки. У пристрої два основних режими роботи: "Охорона включена" і "Охорона виключена".

Якщо захист вимкнено, то "Автоінформер" не реагує на датчики і рідко передає матеріали на сервер. Якщо захист включений, пристрій відгукується на свої вимірювачі і передає матеріали на сервер раз в 2 хвилини.

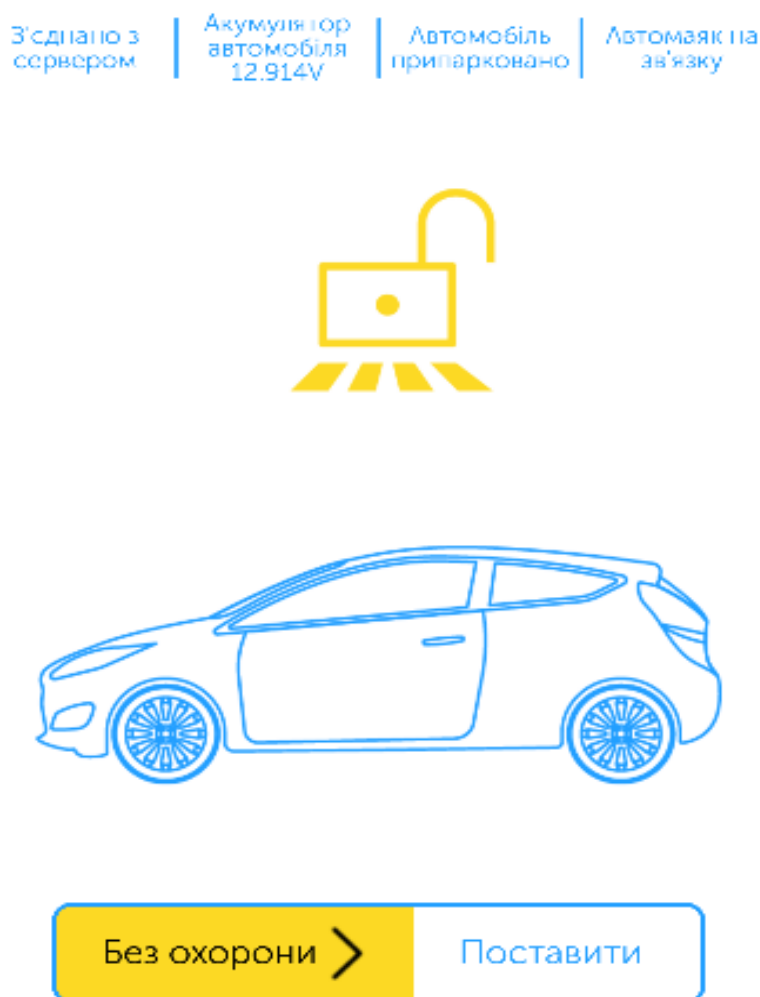


Рисунок 3.5 – Додаток "Автоінформер"

Датчики реагують на:

- рух, струс;
- запалювання;
- втрату зв'язку з сервером.

Режим "Тривога" активується якщо:

- "автоінформер" приєднаний до роз'єму OBD-2;
- під'єднано до охорони;
- відбулася одна з подій.

### **Автомаяк**

Головне призначення пристрою (рис. 3.6) – сприяти в розшуку викраденого автомобіля. Для використання пристрою його необхідно активувати натиснувши кнопку на задній панелі, після чого маяк необхідно сховати в авто.



Рисунок 3.6 – Маячок автосигналізація “Автотрекінг”

Рекомендації з розміщення:

1. Бажано не розміщувати модуль в ізольованому металевому відсіку. Це веде до проблем з визначенням місця розташування по супутнику.
2. Не розміщуйте пристрій в бардачку або підлокітнику. У цих місцях він буде легко знайдений ймовірними зловмисниками.

Пристрій може працювати в трьох режимах:



1. Звичайний. У звичайному режимі "Автомаяк" функціонує по встановлених у додатку таймера.

2. Тривога. Тут в обов'язковому порядку вмикається GPS і передає гео-дані одноразово в 5-10 секунд.

3. Переслідування. В режимі переслідування відправка даних здійснюється в режиму близькому до реального часу.

"Автомаяк" обладнаний літій-тіонілхлоридною батареєю. Вона не перезаряджається і через витрачання свого ресурсу підлягає заміні.

Розрахунковий період роботи батареї складає 4 роки. Застосування GPS скорочує час роботи батареї на 30-40%.

### **Висновки до розділу**

Вартість безпроводової сигналізації природно більше ніж проводової. Безпроводова сигналізація, значно зручніше та надійніше. Монтаж безпроводової сигналізації досить простий і може здійснюватися власноруч.

Отже безпроводова сигналізація та система захисту, як і проводова мають свої мінуси. Одним з недоліків охоронної сигналізації є використання радіоканалу, а проводової – незручність і складність монтажу.

Деякі великі компанії вибирають безпроводові сигналізації та системи, завдяки простоті їх конструкції та налаштування. У деяких схемах будівель можливе встановлення тільки безпроводової сигналізації, наприклад, це стосується модульних будинків з готових панелей.

## ВИСНОВКИ

Безпроводові технології давно стали реальністю яка оточує нас – ми живемо в "розумних будинках", користуємось "розумною" технікою, їздимо на "розумних" машинах. Ми стали невід'ємною частиною цієї величезної екосистеми.

Отже, проаналізувавши в своїй дипломній роботі характеристики, принципи побудови та експлуатації однієї з найновіших технологій сучасності NB-IoT, можна з впевненістю говорити про її значущі переваги з-поміж інших існуючих технологій безпроводових мереж.

Не дивлячись на свій молодий вік, NB-IoT впевнено зайняла свою нішу в жорсткому конкурентному світі, пропонуючи широкий спектр найрізноманітніших послуг вимогливому споживачу.

На сьогоднішній день технології NB-IoT вже мають величезну клієнтську базу. Так, у 2018 році, за оцінками Berg Insight, обсяг поставок пристроїв з підтримкою NB-IoT для побудови сенсорних мереж досягнув 53 мільйонів, а в 2019 році це число зросло вже до 142 мільйонів.

Використання технології NB-IoT для побудови сенсорних мереж активізує швидкий і менш затратний перехід в мережах від 2G на 4G.

А використання продукції цього виробництва такої як датчики та сенсори дозволяє запобігти пошкодженню обладнання та виробів у великих масштабах. Завдяки цьому знижується процент бракованої продукції, зменшуються затрати на експлуатацію виробничої техніки.

На даний час, найбільша кількість IoT рішень нараховується в промисловості, транспорті та в сфері комунального господарства. При цьому, на думку експертів, особливо перспективне використання інноваційних рішень для моніторингу в бізнесі.

Технологія NB-IoT передбачає сучасне ефективне енергозберігаюче обладнання та включення величезної кількості пристроїв з порівняно невисокою

цінністю їх обслуговування, забезпечуючи принцип золотого правила – висока якість – низькі ціни.

Очевидно, що попит на дану технологію буде стрімко рости, так як її характеристики пасують торгівельним тенденціям і споживчим потребам, забезпечуючи потужну платформу клієнтам для розробки власної конкурентоспроможної продукції.

## ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

3. Тихвинский В.О., Терентьев С.В., Юрчук А.Б. Сети мобильной связи LTE. Технологии и архитектура – 2010.
4. Карташевский В.Г. Сети подвижной связи – 2010
5. Гепко И.А., Олейник В.Ф., Чайка Ю.Д., Бондаренко А.В. Современные беспроводные сети: перспективы развития – 2009.
6. Безпроводові технології: URL: <https://wireless-e.ru/>. (дата звернення: 08.05.2020)
7. Технології IoT стандарту 3GPP Rel.13: URL: [https://www.3gpp.org/ftp/workshop/2015\\_11\\_ITRI\\_3GPP\\_summit\\_GERANv05.pdf](https://www.3gpp.org/ftp/workshop/2015_11_ITRI_3GPP_summit_GERANv05.pdf). (дата звернення: 25.05.2020)
8. NB-IoT технології та прилади. URL: <http://1234g.ru/novosti/uzkopolosnyj-internet-veshchej-nb-iotsequans.com/products-solutions/streamlitel/monarch-lte-platform/>. (дата звернення: 18.04.2020)
9. Сюваткин В.С. WiMAX-технология беспроводной связи теоретические основы, стандарты, применение – 2005.
10. Рашич А.В. Сети беспроводного доступа WiMAX – 2011.
11. End-to End NB-IoT-Solution URL: <http://huawei.com/en/news/2016/6/End-to-End%20NB-IoT-Solution>. (дата звернення: 18.04.2020)
12. Extended Coverage – GSM – Internet of Things (EC-GSM-IoT): URL: [gsma.com/connectedliving/extended-coverage-gsm-internet-of-things-ec-gsm-iot/](http://gsma.com/connectedliving/extended-coverage-gsm-internet-of-things-ec-gsm-iot/). (дата звернення: 14.05.2020)
13. Фаузиев И. NB-IoT: как он работает? Часть 1. ст. 85.
14. Лапшин А. NB-IoT: как он работает? Часть 2.
15. NB-IoT – the cellular LPWAN. URL: [http://rohde-schwarz.com/us/solutions/wireless-communications/lte/in-focus/emtc-and-nb-iot-pave-the-way-to-5g-iot\\_230416.html](http://rohde-schwarz.com/us/solutions/wireless-communications/lte/in-focus/emtc-and-nb-iot-pave-the-way-to-5g-iot_230416.html). (дата звернення: 05.05.2020)
16. 3GPP Specification [сайт]. URL: [www.3gpp.org/DynaReport/36300-CRs.htm](http://www.3gpp.org/DynaReport/36300-CRs.htm). (дата звернення: 15.04.2020)

17. Y.-P. Eric Wang, Xingqin Lin, Ansuman Adhikary A Primer on 3GPP Narrowband Internet of Things (NB-IoT): URL: <https://arxiv.org/abs/1606.04171>. (дата звернення: 22.04.2020)
18. Пролетарский А.В., Баскаков И.В. Беспроводные сети Wi-Fi.
19. Джон Р. Wi-Fi. Беспроводная сеть. ст 145.
20. Рудневский А. Новая концепция унификации Telit: "гнездовая" система в семействе xE866 // Беспроводные технологии. 2016. № 2.
21. Рудневский А. Telit xE910: один дизайн — множество применений // Беспроводные технологии. 2013. № 2.
22. URL: <http://resources.alcatel-lucent.com/asset/200178>. (дата звернення: 25.05.2020)
23. URL: [www.vedomosti.ru/press\\_releases/2016/07/14/megafon-stal-polnopravnim-uchastnikommezhdunarodnogo-soobschestva-po-razvitiyunovogo-standarta-svyazi-nb-iot](http://www.vedomosti.ru/press_releases/2016/07/14/megafon-stal-polnopravnim-uchastnikommezhdunarodnogo-soobschestva-po-razvitiyunovogo-standarta-svyazi-nb-iot) (дата звернення: 17.05.2020)
24. URL: [www.gsma.com/connectedliving/narrow-bandinternet-of-things-nb-iot/](http://www.gsma.com/connectedliving/narrow-bandinternet-of-things-nb-iot/), <https://newsroom.intel.com/news-releases/intel-accelerates-path-to-5g/>. (дата звернення: 10.05.2020).
25. URL: [www.3gpp.org/ftp/Specs/archive/36\\_series/36.888/36888-c00.zip](http://www.3gpp.org/ftp/Specs/archive/36_series/36.888/36888-c00.zip).
26. URL: [www.3gpp.org/ftp/Information/WORK\\_PLAN/Description\\_Releases/](http://www.3gpp.org/ftp/Information/WORK_PLAN/Description_Releases/), [ftp://www.3gpp.org/workshop/2009-12-17\\_ITU-R\\_IMT-Adv\\_eval/docs/pdf/REV-090003-r1.pdf](ftp://www.3gpp.org/workshop/2009-12-17_ITU-R_IMT-Adv_eval/docs/pdf/REV-090003-r1.pdf). (дата звернення: 17.05.2020).
27. URL: [www.ericsson.com/res/docs/2016/mobility-report/ericsson-mobility-report-feb-2016-interim.Pdf](http://www.ericsson.com/res/docs/2016/mobility-report/ericsson-mobility-report-feb-2016-interim.Pdf). (дата звернення: 17.05.2020).
28. Тихвинский В. О., Бочечка Г. С. Перспективы внедрения технологии узкополосной передачи данных NB IoT в сетях LTE // Электросвязь. 2016. № 8.
29. URL: [www.abiresearch.com/market-research/product/1022977-cellular-m2m-connectivityservices/](http://www.abiresearch.com/market-research/product/1022977-cellular-m2m-connectivityservices/). (дата звернення: 17.05.2020).
30. Основные характеристики LTE. URL: [http://anisimoff.org/lte/lte\\_performance.html](http://anisimoff.org/lte/lte_performance.html). (дата звернення: 20.05.2020).

31. Сравнительный анализ технологий мобильной связи // Беспроводные технологии. – 2016. – URL: <https://www.m.euromobile.ru/novosti/sravnitelnyj-analiz-tehnologij-mobilnojsvyazi/>.(дата звернения: 20.05.2020).

32. Гепко И.А. та ін. Современные беспроводные сети: состояние и перспективы развития / Гепко И.А., Олейник В.Ф., Чайка Ю.Д., Бондаренко А.В. - К.: "ЕКМО",2009. - 672с.

**ДОДАТОК А.**  
**SUMMARY**

## SUMMARY

The thesis deals with the launch of advanced technologies specialized maliciously for the transfer of IoT data. Their main recognition through existing mobile grids is the expansion of the coverage area, ensuring a long independent battery life and low price of devices that support these standards. Both of these stereotypes can be used in commercial and enterprise LTE (4G) networks.

In 2018, Berg Insight estimates that NB-IoT-enabled devices shipped 53 million units worldwide. Already in 2019, this ratio will increase to 142 million units.

The formation of NB-IoT networks activates a great trend for the migration of IoT equipment from 2G to 4G networks. So experts say about another agent of growth of the NB-IoT market - about constant decrease in the price of NB-IoT equipment.

Just like cybersecurity, there is an additional threat every minute, but as security meters stop getting smarter, the use of software, grids, and gloomy services will increase. In fact, the threat to cybersecurity significantly taken seriously using IoT circuits and advanced alarm devices.

Overall, the use of IoT technologies offers a great range of benefits for integrators and end users.

Some huge companies specializing in customized safety choose wireless alarms and systems, perhaps due to the simplicity of their design and setup.

Now then, wireless alarm and protection system, as well as wired have their disadvantages. Wireless guard centralization needed as a perique glove due to the use of a radio channel, and wired due to the inconvenience and complexity.

In early December 2018, Vodafone of Ukraine joined the global IoT platform of Vodafone, the universal leader for IoT solutions.

Consequently, Vodafone autocephalous customers will be able to inherit the path to a better and superior platform in order systematically and centrally run IoT solutions in their companies.

IoT schemes used in today's community in the areas of Smart City, "smart homes", forecasting the state of roads, tracking freight traffic.



As was investigated and described in the work, at the beginning of the year Lifecell produced a virtualized line in partnership with the international company Affirmed Networks. In early March, Lifecell shares grew in the field of telecommunications and the IoT Ukraine technology network improved, which activated the structure of the main sector of the state network.

In Kiev, technology was installed at low frequencies of the unlicensed range for the given frequencies, which removed under telemetry.

Despite the fact that operators are more inclined only to provide communication services for the transmission of the Internet of things, 80% of surveyed mobile users and operators assume that soon IoT group programs will be developed. First, large operators plan to focus on developing IoT services for the sake of customers. Affiliate logistics, automobiles, prudent cities, industrial automation - these are the most frequently mentioned research partner priorities.

This is a modern development of data transfer, which uses IoT technology and is characterized by low power consumption. Another side of NB-IoT is reliable and secure data transfer. The elaboration of any request and the lack of important work is infinitely majestic for IoT devices and systems.

Worldwide, the "Internet of things" is already being used in a wide variety of industries. In cities, the pre-dispositions of "smart" lights are determined. They can coordinate the flow of data to the device and measure the network, as well as weather conditions through touch devices.

Consider in real time the situation on the highways, the saturation of the flow of cars and pedestrians. This helps reduce energy costs by 60% or more. Thanks to this payback period, the introduction of schemes is only a couple of years.

Possibilities for improving telecommunication devices and the standard of living of people, generating electricity for all areas of the industry and economic growth are envisaged. With all this, IoT technology in almost all industries will occur primarily on the basis of 5G mobile technologies.

Therefore, for NB-IoT there may be interested not only public enterprises and industrial companies, but also companies operating in the transport, agricultural, and

natural sectors. In addition, Ukraine provides the opportunity to utilize the line for the creation of provisions and services for smart homes, cities, devices, and the like.

Progressive wireless communication arrangements are comfortable to use, quite ergonomic and compact, and significantly stronger than their predecessors, in other words, wired systems. They are easily introduced in local, regional and worldwide networks, providing the instant path of the subjects involved in the multiple options for access to information.

From the very beginning, a resolved and inconsistent incompatibility of the security of great manufacturers introduced.

For wireless networks, data transfer provided means more promising and stable operation than for more classic wired networks. They solve the contradictions caused by the comparability syndicate of the wireless Internet of things, on which he developed the equipment certification code.

According to well-known companies, we learned that from this company in early March this year, more than 220 devices of various companies have already received a Wi-Fi document.

A decent level and reliability of communication ties supported by:

- GSM ties;
- Personal main fiber optic strip with a length of more than 28,000 kilometers;
- Application of the latest technologies;
- The presence of more than 13,000 base stations throughout the territory of Ukraine;
- Spatial abilities of state and international roaming.

Due to the built-in NB-IoT scheme in the integrated network, a significant reduction in costs for association and inclusion of safety nets is support.

Data protection in NB-IoT technology is already at a higher level and designed for comfortable use of the grid.

The thesis deals with the launch of advanced technologies specialized maliciously for the transfer of IoT data. Their main recognition through existing mobile grids is the expansion of the coverage area, ensuring a long independent battery life and low price of

devices that support these standards. Both of these stereotypes can be used in commercial and enterprise LTE (4G) networks.